

СТЕНОГРАММА

Заседания № 15-04 диссертационного совета Д 720.001.02
на базе международной межправительственной организации
Объединенный институт ядерных исследований
от 8 октября 2015 г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ диссертационного совета – доктор физико-математических наук, профессор Малахов Александр Иванович.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ диссертационного совета – кандидат физико-математических наук Арефьев Валентин Александрович.

На заседании присутствовали члены диссертационного совета:

Специальность 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики, физико-математические науки:

Водопьянов Александр Сергеевич	- доктор физико-математических наук
Глаголев Виктор Викторович	- доктор физико-математических наук
Мелкумов Георгий Леонович	- доктор физико-математических наук
Таратин Александр Михайлович	- доктор физико-математических наук
Тяпкин Игорь Алексеевич	- доктор физико-математических наук
Арефьев Валентин Александрович	- кандидат физико-математических наук.

Специальность 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики, технические науки:

Матюшин Валентин Тарасович	- доктор физико-математических наук
Романов Юрий Иванович	- доктор технических наук
Смирнов Виталий Анатольевич	- доктор технических наук
Тимошенко Геннадий Николаевич	- доктор физико-математических наук.

Специальность 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц, физико-математические науки:

Батюня Борис Владимирович	- доктор физико-математических наук
Золин Леонид Сергеевич	- доктор физико-математических наук
Кекелидзе Владимир Димитриевич	- доктор физико-математических наук
Малахов Александр Иванович	- доктор физико-математических наук
Панебратцев Юрий Анатольевич	- доктор физико-математических наук
Строковский Евгений Афанасьевич	- доктор физико-математических наук.

Специальность 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, технические науки:

Агапов Николай Николаевич	- доктор технических наук
Донец Евгений Денисович	- доктор физико-математических наук
Зайцев Лев Николаевич	- доктор технических наук
Коваленко Александр Дмитриевич	- доктор физико-математических наук
Серов Александр Васильевич	- доктор физико-математических наук
Ширков Григорий Дмитриевич	- доктор физико-математических наук.

Малахов А.И.: У нас присутствуют 22 члена совета при минимуме 21. Кворум есть. По специальности - 6 докторов. Так что тут все в порядке. Поэтому мы имеем право открыть заседание совета, что я и делаю. Объявляю защиту диссертации Ивановым Евгением Владимировичем на тему «Система детектирования перехода в нормально-проводящую фазу сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса НУКЛОТРОН» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. На заседании присутствуют официальные оппоненты доктор физико-математических наук Алексеев Николай Николаевич и кандидат физико-математических наук Беркаев Дмитрий Евгеньевич.

Предоставляю слово для зачитывания материалов для проведения совета ученому секретарю.

Арефьев В.А. знакомит членов совета с документами, представленными соискателем в совет: заявление, личный листок по учету кадров, копия диплома о высшем образовании, удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов. Сообщает, что в деле имеются: отзыв научного руководителя, заключение Объединенного института ядерных исследований, как организации, где была выполнена диссертация, официальный отзыв ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт физики высоких энергий», г. Протвино, отзывы официальных оппонентов – доктора физико-математических наук Алексева Н.Н. и кандидата физико-математических наук, доцента Беркаева Д.Е. Все документы соответствуют «Положению о порядке присуждения ученых степеней».

Малахов А.И.: Спасибо, Валентин Александрович. Какие-то вопросы есть по этому? Нет. Хорошо. Предоставляется слово Евгению Владимировичу. Пожалуйста.

Иванов Е.В.: Здравствуйте. Уважаемый председатель диссертационного совета, уважаемый секретарь, члены диссертационного совета и все присутствующие!

Представляю диссертацию на тему Система детектирования перехода в нормально-проводящую фазу сверхпроводящих магнитов ускорительного комплекса Нуклотрон.

В середине 80-х годов в ОИЯИ была разработана оригинальная конструкция структурных магнитов синхротрона, геометрия поля в которых формируется

магнитным сердечником, а возбуждается поле сверхпроводящей (СП) обмоткой. Благодаря существенно меньшим, по сравнению с другими типами СП магнитов, индуктивностью и запасенной энергией, такие магниты могут эксплуатироваться при темпе роста поля до 4 Тл/с. Первый быстроциклирующий СП синхротрон с магнитами такой конструкции - Нуклотрон - был сооружен в ОИЯИ и введен в эксплуатацию в 1993 г. Обеспечение надежной эксплуатации магнитной системы в ходе пуско-наладочных работ на Нуклотроне подразумевало создание системы детектирования перехода обмоток магнитов в нормально-проводящую фазу.

В 2001 г. был реализован медленный вывод пучка ионов, ускоренных в Нуклотроне. Это потребовало установки в кольце нескольких дополнительных СП магнитов и создания системы их защиты.

В 2007 г. была начата модернизация ускорительного комплекса Нуклотрон с целью подготовки его к работе в составе инжекционной цепочки тяжелоионного коллайдера ускорительного комплекса NICA, сооружаемого в ОИЯИ. Одной из задач модернизации являлось обновление системы защиты СП магнитов на основе современных технических решений.

В настоящее время ведутся работы по созданию двух СП быстроциклирующих синхротронов – бустерного синхротрона комплекса NICA и синхротрона SIS-100 в Германии. Разработка концепции построения систем детектирования перехода в нормально-проводящую фазу для подобных ускорителей также являлось одной из задач данной работы.

Основные цели работы:

Данная работа имела следующие цели: создание системы датчиков перехода для ввода в эксплуатацию СП синхротрона Нуклотрон, создание датчиков перехода для устройств системы медленного вывода пучка Нуклотрона, модернизация систем детектирования перехода в нормально- проводящую фазу действующего синхротрона Нуклотрон, для обеспечения надежной работы ускорителя на максимальном проектном поле дипольных магнитов, разработка конструкции универсального датчика перехода для ускорительного комплекса NICA.

На защиту выносятся:

Конструкция датчиков перехода, структура и результаты эксплуатации системы детектирования переходов, созданной для проведения физического пуска Нуклотрона.

Конструкция датчиков перехода, созданных для ввода в эксплуатацию системы медленного вывода пучка Нуклотрона.

Технический проект модернизации системы датчиков перехода Нуклотрона и результаты ввода ее в эксплуатацию.

Концептуальный проект системы детектирования переходов на вновь создаваемых сверхпроводящих установках ускорительного комплекса NICA. Конструкция и результаты испытания универсального датчика перехода.

Научная новизна

Разработана, создана и успешно эксплуатировалась в течение 20 лет система детектирования перехода в нормально-проводящую фазу магнитов первого в мире сверхпроводящего быстроциклирующего синхротрона Нуклотрон.

Разработан проект системы детектирования перехода в нормально-проводящую фазу для вновь создаваемых сверхпроводящих установок ускорительно-коллайдерного комплекса NICA.

Апробация работы

Основные результаты диссертации докладывались на российских и международных ускорительных конференциях, международных совещаниях, неоднократно обсуждались на научных семинарах в Объединенном Институте Ядерных Исследований.

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 печатных работах, в том числе в 2-х рецензируемых журналах.

Как известно напряжение на индуктивности определяется суммой падений индуктивного напряжения, которое пропорционально индуктивности и скорости протекания тока и активного напряжения, которое выделяется на сопротивлении обмотки. В случае сверхпроводящей индуктивности активное сопротивление равно нулю и появляется только в момент потери сверхпроводимости. Выделение активной составляющей из суммарного напряжения на контролируемом элементе – первичная задача детектора перехода. Схемотехнически выделение такой составляющей может достигаться двумя путями: с помощью непосредственного измерения напряжения на контролируемом элементе и сравнении с помощью электронного дифференциального усилителя с неким опорным напряжением. Такая схема может применяться, но у нее есть ряд недостатков, таких как дороговизна, сложность схемы, влияние ионизирующих излучений на электронику и самое главное как правило отсутствие опорного сигнала в системах ускорителей. Другим вариантом является применение мостовой схемы, когда результирующий сигнал выделяется на диагонали моста. Эта схема проста, дешева, в ней отсутствуют полностью какие-либо активные элементы, поэтому она не боится перегрузок, проста в эксплуатации, дешева и надежна. Таким образом за основу системы детектирования перехода была принята мостовая схема. Критерием наличия перехода является одновременное превышение порога по амплитуде напряжения и по длительности. Плечами моста, где это возможно, являются обмотки соседних идентичных магнитов. Для повышения надежности работы системы было решено использовать дублирование.

Конструкция датчиков должна обеспечивать гальваническую изоляцию датчиков как от общих земляных цепей, так и друг от друга. При этом система детектирования не должна вносить паразитные утечки в электрические цепи ускорителя. При токе эвакуации энергии 6 кА, потенциалы различных участков цепи магнитов относительно «земли» могут достигать плюс минус 500 вольт. Изоляция датчика должна надежно выдерживать удвоенное значение, что необходимо при нештатной работе одного из ключей эвакуации энергии.

Пороги срабатывания датчика, определенные на испытательном стенде, составляет 60 мВ, время превышения порога, являющееся признаком перехода, варьируется в интервале одна - пять миллисекунд.

Для групповых датчиков пороговое напряжение составляло 100 мВ.

Система управления датчиками перехода должна обеспечивать следующий минимальный набор функций:

индикация перехода и формирование сигнала активации системы эвакуации энергии,

оперативный контроль состояния всех датчиков и формирование сигнала на запрет цикла в случае обнаружения неисправности.

На рисунке показана блок-схема первого работающего датчика перехода, который состоит из резистивного моста, электронной схемы, на которой находятся ограничитель амплитуды, усилитель, амплитудный компаратор. В случае срабатывания амплитудного компаратора сигнал с него через оптическую развязку цифровую, поступает на формирователь сигнала, далее на временной компаратор. Срабатывание временного компаратора через выходной усилитель вводит в действие систему эвакуации энергии. Вся схема проверяется в паузу с помощью сигнала «тест», который контролировал все цепи датчика перехода и его электронику. В случае отсутствия такого сигнала, подавался сигнал на запрет следующего цикла. Эта схема первого датчика перехода, в которой можно отметить такие вещи, как оптрон собственной разработки, потому что в то время просто не существовало оптронов на такое напряжение пробоя, DC/DC преобразователь-источник питания изолированной части схемы, тоже собственной разработки. В датчике была применена система проверки, которая состояла из импульсного трансформатора, с помощью которого в систему подавались сигналы проверки (импульсные) и если сигналы не проходили, формировался сигнал на запрет цикла. Внешний вид датчика перехода. Он собран в такой конструкции, видно оптрон собственной конструкции, трансформатор источника питания.

К моменту проведения пуско-наладочных работ на Нуклотроне были выполнены следующие работы:

разработана конструкция датчика перехода, полностью удовлетворяющая требованиям надежности, изготовлено и протестировано более 200 датчиков;

разработана структура системы детектирования, для повышения надежности использующая дублирование;

создана система управления датчиками перехода, обеспечивающая выполнение минимально-необходимого набора функций.

В отличие от имевшихся аналогов, в датчике, разработанном для Нуклотрона, амплитудный компаратор размещен на изолированной части схемы, временной компаратор – на заземленной, а гальваническая развязка выполнена на основе цифровой оптопары.

Созданная и введенная в эксплуатацию система обеспечила надежную безаварийную работу ускорителя в течение почти 20 лет.

В 2001 году на Нуклотроне была введена в эксплуатацию система медленного вывода пучка. Для ее реализации в кольце Нуклотрона были установлены дополнительные сверхпроводящие устройства: два магнита Ламбертсона, 4 квадрупольных и 4 секступольных магнита. Кроме того была изменена схема питания 4-х дипольных магнитов, расположенных вблизи медленного вывода.

Для защиты новых СП устройств структура системы детектирования переходов была доработана, разработана и испытана новая конструкция датчика перехода, основанная на той же структурной схеме, но выполненная с применением более современной элементной базы. Конструктивно датчик был выполнен в компактном корпусе и монтировался непосредственно на контролируемом элементе.

Созданная и введенная в эксплуатацию система обеспечила надежную безаварийную работу устройств системы медленного вывода.

Следующий слайд:

На рисунке показан датчик перехода медленного вывода. Он сделан в такой коробочке, значительно уменьшен размер источника питания. Тут в качестве балансирующего резистора применен высокоточный гелипот с фиксацией поворотного движка. В связи с развитием ускорительного комплекса Нуклотрон-М – бустер-NICA и старением существующих датчиков (была замечена деградация деталей под воздействием ионизирующих излучений), кроме того, в старых датчиках отсутствовали очень важные и необходимые как было ясно к тому времени возможности, такие как визуализация процесса перехода и, как следствие, невозможность однозначно определить причину срабатывания, а также отсутствие полноценного удаленного управления по сети Ethernet. Поэтому были предложены новые датчики с более новыми функциональными возможностями.

Блок-схема такого датчика показана на рисунке. Он тоже состоит из резистивного моста, далее ограничитель уровня, интегрирующий усилитель, аналоговый изолирующий усилитель. После этого усилителя в датчике получился сигнал привязанный к земле, который обрабатывался при помощи амплитудного компаратора и микропроцессорной системы, которая анализировала сигнал, принимала решение о том, включать ли систему эвакуации энергии. Кроме того микропроцессорная система осуществляет связь с внешним миром по шине CAN с блоками управления и сетью Ethernet на пультах и других местах.

В этом датчике кроме того был использован подключаемый аналоговый ключ, подключающий аналоговое напряжение к аналоговой шине, чтобы можно было его контролировать там, где это надо, для того, чтобы следить в реальном времени за процессами, происходящими на датчике.

Схема проверки датчика была усовершенствована. Избавились от громоздкого импульсного трансформатора и импульсных сигналов. Длительность времени проверки может быть любой, такая схема позволила надежно работать в течении цикла.

Перед тем как датчики были созданы и введены в эксплуатацию были сделаны макеты датчика, которые подключались к реальному ускорителю, реальным обмоткам с целью посмотреть правильность схмотехники и главное хотелось посмотреть минимально-возможную частоту оцифровки для визуализации процесса. На рисунке показаны две картинки, которые получены с помощью нагрева обмотки с мощностью нагревателя 17 ватт мы видим развитие перехода и мощностью нагревателя 3 ватта, где мы тоже видим развитие перехода но более плавно.

Далее датчики были сделаны, установлены на ускоритель и тоже проведены испытания. На рисунке показано развитие активной фазы при искусственном нагреве одного из магнитов. Далее на рисунках показаны зафиксированные переходы, реальные переходы, зафиксированные датчиком на токовводах (мы видим медленный переход) и на магните, в данном случае на 5M4Г, мы видим быстрый рост активной фазы и срабатывание тиристорного ключа.

Поскольку в датчике имеется микропроцессорная система у него появились дополнительные возможности, такие как изменение параметров в реальном времени, порогов, включение-выключение отображения, дополнительное тестирование при необходимости, запрос вот этой картинке, сброс дампа памяти и кроме того важной возможностью было введение цифровой фильтрации. На этом рисунке показано сигнал с датчика перехода до фильтра и после цифрового фильтра. Желтый зашумленный сигнал и синенький – обработанный цифровым фильтром с коэффициентом фильтрации 1. На следующем рисунке тот же самый сигнал, но обработанный фильтром с коэффициентом фильтрации 4. Как видим, шумовая составляющая значительно уменьшилась. Эти возможности у датчика имеются и радуют. Показан внешний вид крейта с датчиками перехода, собраны они в стандарте Евромеханика и выполнены на печатных платах с СМД монтажом

Система управления датчиком перехода предназначена для сбора информации с датчиков перехода и формирования пакета выходной информации о происходящих в системе событиях. Она позволяет принимать входные управляющие сигналы (начало цикла, пауза, срабатывание ТК и т. п.), формировать сигналы управления внешними устройствами, индцировать локально и удаленно текущее состояние, выводить в локальную сеть информацию о состоянии защит и записанные диаграммы перехода, формировать тестовые сигналы для проверки системы ДП (контроль в паузу, контроль питания, контроль целостности выходных цепей) и принимать решение о запрете цикла при неисправностях.

Это блок-схема системы управления, которая состоит из своих подсистем, тоже из микропроцессорного узла, который осуществляет обработку входных сигналов и связь с внешним миром, передачу информации, прием управляющих сигналов и так далее.

Для управления датчиками перехода было разработано несколько программ, на картинке показано окно одного из пользовательских приложений,, которое

показывает что сработало, где это реально находится имеется возможность разного рода тестирования датчиков перехода, включение выключение параметров и окно в котором показывается процесс, происходящий на контролируемой обмотке.

Итак

В ходе модернизации ускорительного комплекса Нуклотрон была разработана, испытана и введена в эксплуатацию новая система детектирования переходов, основанная на современных технических и конструктивных решениях.

В схемном решении датчика перехода применена гальваническая развязка сигнала моста на основе аналогового изолирующего усилителя, что позволяет наблюдать, анализировать, записывать и удаленно передавать аналоговый сигнал датчика перехода.

В качестве обрабатывающего элемента применен микропроцессор. Это позволяет более полно анализировать сигнал перехода, оцифровывать его, записывать в память.

Все датчики и система управления и отображения информации объединены в CAN-сеть, что позволяет удаленно обращаться к любому датчику и считывать с него информацию.

Созданная система управления позволяет принимать входные управляющие сигналы, формировать сигналы управления внешними устройствами, индицировать локально и удаленно текущее состояние, выводить в локальную сеть информацию о состоянии защит и записанные диаграммы перехода, формировать тестовые сигналы для проверки системы датчиков перехода и принимать решение о запрете цикла при неисправностях.

Ввод в эксплуатацию новой системы детектирования переходов позволил обеспечить безопасную и стабильную работу магнитной системы Нуклотрона при проектной величине поля и в режиме с длинными «столами» магнитного поля. В качестве наиболее важных результатов можно отметить ускорение пучка до проектной энергии Нуклотрона, впервые осуществленное в декабре 2013 года, и реализацию в марте 2013 года стохастического охлаждения пучка дейтронов, циркулирующего на «столе» поля длительностью до 10 минут.

В процессе эксплуатации ускорителя появились задачи по защите сверхпроводящих элементов, не связанных гальванически с какой-либо парой. Например, для более детальной информации о переходе необходимо выделить в отдельный канал защиты транспортные линии между токовводом и первым магнитом или линзой. В последнее время появилась необходимость контролировать состояние новых высокотемпературных токовводов. Для организации моста необходим отвод от средней точки, сделать который часто невозможно, практически всегда невозможно.

Для контроля подобных элементов был разработан и испытан безмостовой датчик. Блок-схема датчика показана на рисунке. Он состоит из двух идентичных каналов с оцифровкой сигнала и изоляцией с помощью цифрового изолятора. Эти оцифрованные сигналы передаются через шину управления на

микропроцессорный узел, который их обрабатывает, сравнивает и принимает решение о том, переход это или не переход и вводить или не вводить в действие систему эвакуации энергии. И так же через шины общается с внешним миром, получает сигналы управления и передает информацию.

Схема проверки этого датчика тоже была усовершенствована, изменена. Схема позволяет подать любые сигналы в любое время в независимости от момента цикла. Приведена на рисунке.

Внешний вид универсального датчика. Он был испытан в одном из сеансов ускорителя, показал нормальные результаты, рабочий.

Выводы.

В ходе выполнения данной работы была разработана концепция построения и создана система детектирования переходов, обеспечившая надежную работу первого в мире быстроциклирующего СП синхротрона Нуклотрон при проведении на нем пуско-наладочных работ и, впоследствии, в течение 15 лет эксплуатации. Датчик перехода основан на использовании мостовой схемы. В отличие от имевшихся аналогов, в разработанном датчике амплитудный компаратор размещен на изолированной части схемы, временной компаратор – на заземленной, а гальваническая развязка выполнена на основе цифровой оптопары.

Для защиты СП устройств системы медленного вывода пучка из Нуклотрона структура системы детектирования переходов была доработана, разработана и испытана новая конструкция датчика перехода, основанная на той же структурной схеме, но выполненная с применением более современной элементной базы. Созданная и введенная в эксплуатацию система обеспечила надежную безаварийную работу устройств системы медленного вывода.

В ходе модернизации ускорительного комплекса была создана и введена в эксплуатацию новая система детектирования переходов, основанная на современных схемотехнических решениях и включающая в себя многофункциональную систему автоматического управления. Ее использование позволило провести успешный эксперимент по стохастическому охлаждению пучка дейтронов, и осуществить ускорение пучка до максимальной проектной энергии.

Разработана концепция построения системы детектирования переходов на вновь создаваемых СП установках комплекса NICA, основанная на применении универсального датчика перехода. Для реализации всех необходимых функций на борту датчика размещены два изолированных канала, оцифрованные сигналы с которых передаются на процессорный модуль через оптический изолятор. Проверка работоспособности системы осуществляется без подачи импульсных сигналов и может производиться в любое время цикла. Для подавления помех используется цифровая фильтрация входного сигнала. Макет датчика успешно протестирован в сеансе работы Нуклотрона. Разработанная концепция построения системы детектирования удовлетворяет всем требованиям проекта NICA.

Публикации

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 печатных работах, в том числе в 2-х рецензируемых журналах, трудах конференций, сообщениях ОИЯИ.

Спасибо за внимание.

Малахов А. И.: Спасибо. Пожалуйста, вопросы к докладчику.

Панебратцев Ю.А.: Мне очень понравился доклад, все четко, замечательно изложено, но как-то нетрадиционно – 1я глава, 2 глава. Сколько всего глав в диссертации?

Иванов Е.В.: в диссертации 5 глав и доклад по этим главам так и построен.

Малахов А. И.: Раз уж я начал. Вы все действительно хорошо рассказали. Была ли на Нуклотроне ситуация такая, аварийная, в какой-то момент переход в проводимость, чтобы сработала ваша система и было показано, что система рабочая? Такие случаи были?

Иванов Е.В.: Да, естественно были, на картинках показаны как раз такие случаи.

Малахов А. И.: Во время сеанса произошел какой-то случай, несчастный, и ваша система сработала?

Иванов Е.В.: Несчастный случай это что? Вот показан момент перехода.

Малахов А. И.: Это насильно вы его переводили?

Иванов Е.В.: Нет. Насильно - это картинка при первоначальном включении, а это – 2 реальных события.

Зайцев Л.Н.: Сколько датчиков и как они расположены?

Иванов Е.В.: Исторически первоначально датчики были расположены на кольце ускорителя в специальных ячейках. Через 15 лет была замечена сильная деградация элементов, и когда были разработаны новые датчики они все были сведены в одну стойку и помещены в центр зала первого корпуса. Сейчас они расположены в этом зале и соединены проводами с ускорителем.

Зайцев Л.Н.: Тогда второй вопрос. Вот на первом рисунке. Как влияет излучение?

Иванов Е.В.: Настоящая схема - пассивная и возле криостата не находится никаких активных элементов. Все это отнесено в центр зала. Если мы собираемся делать такую схему (безмостовую), то усилитель, хотя бы первоначальный должен находиться вблизи магнита, поскольку есть помехи и длинные концы, а мостовые связи они дифференциальные и не боятся помех. Размещение любой электроники вблизи, как практика показывает, быстро приводит ее в негодность. А в наше время, когда электроника стала тонкопленочная, нежная, она довольно быстро выйдет из строя.

Зайцев Л.Н.: маленький вопрос. За какое время после перехода может быть восстановлен цикл?

Иванов Е.В.: С точки зрения системы защиты датчик отработал и через пять секунд он восстановится. Далее идет время ожидания заряда емкостей

тиристорного ключа. Если с криогеникой все нормально, то можно давать цикл. Примерно через пять минут.

Глаголев В.В.: На большом андронном коллайдере была большая авария связанная с быстрым переходом. Ваш датчик только детектирует переход или может влиять на скорость перехода? Скорость перехода в нормальное состояние определяется чем? Вы только детектируете переход или вы можете влиять на скорость перехода?

Иванов Е.В.: Нет, на скорость перехода я влиять не могу. Датчик не влияет на скорость, скорость зависит от тока.

Золин Л.С.: Такой вопрос количественный. Вот значит на принятых в последнее время режимах на ускорителе очень часто используется режим 3,5 Гэв/н. В этом стандартном режиме как часто срабатывают ваши датчики и что происходит если режим меняется на 5 Гэв/н, что ограничивает время использования?

Иванов Е.В.: Режим ускорения к датчикам перехода отношения не имеет. Им все равно, на каком поле работать. Как правило, задержки при переходе определяются перестройкой криогенной системы. Если достаточное охлаждение, то все работает. Если охлаждение по какой-то причине опускается, датчики начинают срабатывать. В последнее время это происходит редко, т.е. реально срабатывание датчиков от тепла это единицы происходит очень редко. Довольно часто в предпоследнее время, до ремонта, срабатывали токовводы, были критичные случаи с охлаждением, но когда поднимали охлаждение, все работало. Реальные срабатывания зависят от правильной настройки ускорителя. Если раньше, когда не было информации о переходе датчика, это было довольно сложно – срабатывает, а почему срабатывает неизвестно, то теперь сразу ясно, что случилось и какие меры надо принимать. Если реальный переход - значит надо делать что-то с охлаждением, если мы видим, что это не реальный переход, а какой-то вызванный резким срабатыванием допустим системы питания, значит надо настраивать систему питания. Это довольно быстро делается и дальше работает все штатно.

Золин Л.С.: То есть длительность этой экспозиции на 5 Гэв/н определяется не вашей системой. Допустим повышенный расход гелия и сопутствующие неприятности и ваши датчики начинают часто срабатывать?

Иванов Е.В.: Если они видят угрозу для ускорителя, то они срабатывают.

Золин Л.С.: Наибольшая длительность сеанса на 5 Гэвах сколько длится?

Иванов Е.В.: Более суток.

Золин Л.С.: В режиме пользователей?

Иванов Е.В.: Да.

Золин Л.С.: Проблемы с гелиевой системой или с нестабильностями перехода?

Иванов Е.В.: Да нет, не то чтобы проблемы, просто насосы качают гелий и по какой-то причине, не важно по какой, в целях экономии, например, снижаются

перепады, вызываются тем самым переходы и срабатывания. Это единичные случаи, в последнее время все настройки происходят в начале сеанса, когда настраивается источник питания, гелиевые системы, а дальше, как правило, все работает безо всяких переходов за очень-очень редким исключением.

Матюшин В.Т.: У меня вопрос небольшой. Какие схемы были известны за рубежом к началу разработки? Или которые работали с дифференциальным усилителем или мостовая схема. С начала ваших разработок.

Иванов Е.В.: За рубежом и не за рубежом тоже, допустим на том же УНК применялись как правило мостовые схемы с магнитным усилителем, развязывали сигнал, дальше обрабатывали. И на ТЕВАТРОНе применялась система вот такая вот прямого опроса, но там совершенно другие времена, там даже датчики опрашивались через 17 миллисекунд, времена и пороги были значительно выше и поэтому там можно было применять эту систему. У них тоже не было сигнала опорного, они его получали дифференцируя ток, получаемый до измеряемого участка и после, на процессоре высчитывали какое должно быть напряжение и с этим делом уже сравнивали. Это дело долгое и не очень надежное и в наших условиях оно просто не подойдет, у нас другие времена совсем другие.

Карпинский В.Н.: небольшое замечание по поводу восстановления цикла после срабатывания датчиков. Датчики не имеют отношения к этому времени никакого, а пять минут эти вызваны технологическими особенностями сверхпроводящих магнитов заданными сверху. А вопрос по теме - Евгений Владимирович упоминал применение цифровых фильтров. Цифровые фильтры вносят временную задержку, не скажете ли какую?

Иванов Е.В.: Да, конечно вносит. Поэтому максимальный коэффициент фильтрации 4, который вносит приемлемую задержку. Можно отфильтровать сигнал в «ниточку», но время задержки, время реакции системы увеличится до неприемлемого уровня.

Карпинский В.Н.: А примерно, это какие уровни?

Иванов Е.В.: при большом коэффициенте задержка сигнала чуть меньше одной миллисекунды.

Малахов А.И.: Хорошо, все, вопросы кончились? Тогда мы обязаны предоставить слово научному руководителю. Анатолий Олегович, пожалуйста.

Сидорин А.О.: Ну я может быть зачитаю часть своего отзыва, чтобы не сбиться от волнения.

Просто Евгений Владимирович совершил героический подвиг. На самом деле это такие тонкие технические вещи, которые обычно даже не докладывают на конференциях. Во-первых, подготовил нужное количество публикаций, выступал на конференциях, лично представлял результаты своих исследований и две хорошие публикации подготовил в рецензируемом журнале, то есть он прошел весь цикл подготовки грамотного ученого в процессе подготовки диссертации. Работы по проектированию элементов системы детектирования, анализа случаев срабатывания в ходе сеансов потребовали от него выполнения большого объема,

кроме всего прочего, которое не было отмечено, расчётов с использованием применения современного программного обеспечения. И при испытании многих создаваемых элементов системы, он проявил себя как изобретательный экспериментатор. Что самое главное в этой работе, может быть почти уникальное, в ходе выполнения и подготовки фактически большинство работ было выполнено соискателем либо единолично, либо с участием небольшого количества его сотрудников. В ходе сеансов в его задачи, как начальника группы защит, входит тестирование перед началом сеанса и обеспечение безаварийной работы в ходе сеанса. В этом плане он проявил себя еще и как достаточно успешный руководитель работы небольшого коллектива. В ходе выполнения, это уже вывод, мое мнение, диссертант зарекомендовал себя как высококвалифицированный специалист в области физики пучков заряженных частиц. Его настойчивость, трудолюбие, способность организовать работу трудового коллектива обеспечило возможность развития и эксплуатации ускорительного комплекса в течении более двадцати лет без единой, я подчеркну, срабатываний было зафиксировано много, но ни одной аварии по вине системы детектирования у нас на комплексе не было! Проведенные последние разработки обеспечили перспективы развития нашего комплекса на ближайшие 5-10 лет. Я обращаюсь к членам совета: Поддержать!!! Спасибо (отзыв Сидорина А.О. прилагается).

Малахов А.И.: Спасибо большое Анатолий Олегович. Теперь слово ученому секретарю. Нужно зачитать отзывы ведущей организации и другие отзывы, которые имеются.

Арефьев В.А. Зачитывает отзыв организации, где была выполнена диссертационная работа, то есть это Объединенный институт ядерных исследований (отзыв прилагается).

Малахов А.И.: Кто следующий у нас? Ведущая организация?

Арефьев В.А.: Следующим по протоколу оглашается отзыв ведущей организации. Ведущая организация по диссертации Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт физики высоких энергий» (зачитывает отзыв, отзыв прилагается).

Малахов А.И.: Была некоторая критика, если хотите ответить, пожалуйста.

Иванов Е.В.: По поводу статистики: Когда можно было набирать статистику, датчики не позволяли этого делать. Первые датчики не имели возможности определѐлить по какой причине это происходит – то ли это неисправность системы, то ли переход, то ли еще что-то. О наборе статистики речи не шло. После того, как датчики стали новые, стали показывать что на них происходит, работа ускорителя стабилизировалась, переходы стали малозначительными. Все срабатывания, которые вызваны потусторонними причинами устраняются в начале сеанса, при настройке ускорителя, далее в сеансе все работает нормально, за исключением редких случаев. Статистику надо будет набирать тогда, когда в действие вступит бустер. Смотреть что происходит, как с этим бороться, как исправлять.

Малахов А.И.: Понятно, спасибо. Еще есть отзывы?

Арефьев В.А.: Дополнительных отзывов на диссертационную работу и автореферат не поступало.

Малахов А.И.: Спасибо. Дальше мы должны перейти к отзывам официальных оппонентов. Предоставляю слово доктору Алексееву.

Алексеев Н.Н.: зачитывает отзыв, отзыв прилагается.

Малахов А.И.: Спасибо, Валентин Александрович. Евгений Владимирович, были замечания, пожалуйста, отвечайте.

Иванов Е.В.: По поводу статистики я уже сказал, повторять, я думаю, не стоит. По поводу рассматриваемых ускорителей, таких как ISABELLE и УНК, то ISABELLE, которая плавно переросла в RHIC, это тот же ускоритель, только поменялось название и он работает. По поводу УНК: сам ускоритель не достроили, но системы защиты отрабатывались реально на четырех магнитах, проводились испытания этих магнитов и этих защит, и с точки зрения систем защиты и схемных решений это все реально запускалось и работало. Это что касается неработающих ускорителей. По поводу ложных срабатываний. Слово «ложные» я считаю неправильное, потому что ложное срабатывание это когда датчик сам срабатывает в силу своей неисправности или ущербности. У нас не ложные срабатывания, а срабатывания, вызванные посторонними причинами, датчик судит о них по своим критериям, по порогам, и если эти критерии удовлетворяются, он обязан сработать, и я считаю, что лучше пусть датчик лишний раз сработает, чем лишний раз не сработает. По поводу ЛНС, там дело темное, защиты там сработали, но не сработала эвакуация энергии.

Малахов А.И.: Спасибо. Теперь слово следующему оппоненту. Это Дмитрий Евгеньевич Беркаев, кандидат физико-математических наук, ИЯФ СО РАН.

Беркаев Д.Е.: зачитывает отзыв, отзыв прилагается.

Малахов А. И.: Спасибо. Пожалуйста, Илья Николаевич, заслушаем ваши ответы на замечания

Иванов Е.В.: По поводу орфографических и стилистических ошибок согласен, виноват, приношу извинения.

По вопросу о том, что «срабатывания системы детектирования перехода сопровождается повышенным расходом гелия». У нас такой ситуации нет. По поводу нестабильности питания. Источники бесперебойного питания естественно есть, но тут дело не в этом. Сам по себе факт нестабильности питания должен приводить к остановке системы. Когда появляется нестабильность питания, это свидетельствует о каких-то недостатках, которые могут привести к непредсказуемым результатам. В этом случае надо останавливать цикл и просто разбираться, в чем дело.

Нулевой ток. Было реализовано два способа проверки – на старых датчиках, которая импульсная, там только в паузу можно проверять, в последних датчиках малым током и большой длительностью можно проверять в любое время цикла при необходимости, естественно, когда длинный стол, например – 10 минут.

Как зашумленность линий связи CAN-BUS влияет на датчики? Никак не влияет, видимо не совсем правильно понято, имелись в виду линии связи между ускорителем и датчиком перехода. Это аналоговые линии связи, а CAN линий длинных просто нет, они есть внутри стойки, естественно они никак не влияют, речь шла о линиях аналоговых, которые составляют мост.

Малахов А.И.: Спасибо. Теперь время дискуссии. Все присутствующие могут высказаться.

Бутенко А.В.: Тут долго говорилось о статистике, я позволил себе посмотреть статистику с прошлых сеансов, скажем с 2000 года. У меня получилось, что эти вот фоновые срабатывания системы защит, когда у нас не было системы диагностики, приводили к тому, что время терялось на обсуждение и ломание копий по этому поводу. Вы представляете себе, что сработала система защиты, у вас холодный ускоритель, а почему она сработала неизвестно. Или нужно останавливаться, или нужно давать следующий цикл, вы даете следующий цикл, она снова срабатывает. В чем дело? Не хватает охлаждения, какая-то наводка возникает, проблема в системе питания? Когда у вас нет диагностики, вы просто стоите. И я помню эти буйные беседы на повышенных тонах, которые отнимали огромное количество времени. У меня получилось, что в некоторые сеансы (2003 год, 2004 год) уходило 2-3% времени ускорительного на разбирательства подобного рода. Это в наших сеансах около суток. Сегодня таких разговоров вообще практически нет, после того как Евгений Владимирович сделал эту систему, все стало совершенно очевидно. Греется - добавляем охлаждение, не греется - значит ищем проблему. Она достаточно быстро находится и мы теряем, наверное, меньше часа на какие-то серьезные вопросы, а как правило вообще времени не занимает, через какие-то 5-7 минут мы восстанавливаем цикл и идем дальше. Я считаю, что это одна из самых главных заслуг Евгения Владимировича. Эта вот модернизация сегодняшней системы, которая привела к существенной экономии машинного времени и соответственно к большему времени которое ускоритель работает на физический эксперимент.

Тяпкин И.А.: Я предлагаю за очевидностью вопроса, очевидностью абсолютной, вручить степень и проголосовать

Костромин С.А.: Два слова буквально. Эта работа, про которую Женя сегодня рассказал, конечно же, очевидно, имеет продолжение, но прежде чем он приступит к использованию системы на строящемся комплексе, надо сказать, что каждый магнит, который будет сделан, проходит испытания в боевом режиме. Женя вскользь сказал, что сейчас стоят задачи по защите различных участков и магнита и систем, которые используются на испытательных стендах. Здесь другие сигналы, и ему приходится эту систему адаптировать для других сигналов, и хочется сказать, что без его участия в ближайшие годы магниты Ники испытаны быть не могут. Это одно замечание. Второе. Конечно, в этой работе Женя активно участвует и всегда по-человечески можно обратиться с вопросом, можно обратиться с просьбой о помощи и мне кажется, что этими человеческими

качествами претендент на ученую степень должен обладать. Здесь очевидно все есть и поэтому прошу совет, конечно же, поддержать претендента.

Малахов А.И.: Спасибо, еще, пожалуйста

Золин Л.С.: Вопрос такой рыночный, наверняка фирмы, которые обслуживают ускорители на западе, выпускают такие системы, и они стоят немало денег. Сколько интересно на аппаратуре сэкономили, на том, что это наша разработка, внутренняя, и сэкономила лаборатории много валюты, и нельзя ли тиражировать датчик такого типа и зарабатывать валюту?

Иванов Е.В.: Дело в том, что я валюту в руках никогда не держал. Система уникальная, таких разработок для нашего ускорителя, конечно, никто не делал. То, что делается сейчас в Германии на SIS-100, делается совершенно по другому и за бешеные деньги, и это нам не подходит ни по качеству, ни по цене, Наша разработка действительно не очень дорогая, подобрана комплектация таким образом, что используется самые эффективные и дешевые компоненты. А так, чтобы реально где-то была опубликована конструкция такого датчика я не знаю.

Коваленко А.Д.: Евгений Владимирович вырос, несмотря на свой не очень простой жизненный путь, в крупного специалиста и ученого, который эту область датчиков перехода и регистрации появления нормальной зоны в магнитах освоил по моему уникально и имеет уникальную базу по простоте, надежности и прочим возможностях, которые люди в других местах просто еще не знают. Мне как понимаете в начальных сеансах пришлось участвовать при работе Нуклотрона и эта граница реальности, разделения, было ли это срабатывание от какого-то постороннего шума или это реальный нагрев магнита, образование нормальной фазы. Естественно, правильно Женя сказал, дискуссии на этот счет, особенно в первых сеансах были бесконечные и занимали не только 15% времени, а гораздо больше. Появление Евгения Иванова в этой команде, которая состояла из Смирнова Анатолия Алексеевича, Никитаева Петра Ивановича, как-то так перевело эту проблему в научное, технически обоснованное направление. И очень скоро, благодаря модернизации этих датчиков системы детектирования переходов в нормальную фазу стало возможным, как говорится, отделить мух от котлет, где шумы, а где реальный нагрев магнита. Пока не была модернизирована система питания, система эвакуации энергии и, соответственно, датчиков перехода повышать магнитное поле в Нуклотроне выше, чем половинный импульс, выше, чем половинное поле было очень опасно. Поэтому, то что он сделал, с одной стороны говорит о таком в техническом отношении использовать в разработках наиболее простой и эффективный способ защиты большого количества магнитов, вы понимаете, там 200 каналов, а с другой стороны обеспечение надежности и повышение качества потребительского ускорителя и возможность достижения максимальных параметров. Поэтому я просто считаю, что те замечания, которые делали оппоненты уважаемые, чего не хватает, может быть страниц в диссертации, и такого анализа, как бы формального количества ложных срабатываний, ну ложных в том понимании, что не от перехода, не температурных, а шумовых, и

было и сейчас и дальнейшая отработка этой системы датчиков перехода думаю, что Евгений Владимирович еще продолжая свою научную деятельность представит через некоторое время еще и свою докторскую диссертацию. А что бы хотелось от него, на следующих этапах не просто держать знания в себе, а обучать, искать людей, которых можно привлекать и готовить специалистов для того, чтобы на комплексе Ника, о котором говорим, который должен быть не только в разговорах, но и в действиях строится, было кому работать. Вот пожелания такие.

Малахов А.И.: Спасибо. Еще желающие есть? Я два слова тоже скажу, пользуясь правом председателя. Евгений Владимирович заслуживает уже давно ученой степени кандидата наук, действительно надо подумать уже и о докторской. На самом деле, хотя тут конечно были какие-то недостатки отмечены, я бы хотел сказать, что эта работа заслуживает всяческой поддержки. Здесь научная сторона была обсуждена, но я хотел сказать, что когда нам еще с Александром Дмитриевичем приходилось гораздо больше заниматься Нуклотроном, когда я был директором, он главным инженером, и отвечал за все запуски и дальнейшую эксплуатацию Нуклотрона, развитие, не знаю, как Александр Дмитриевич, но я во время сеанса по ночам часто просыпался и звонил и в 2 ночи и в 3 ночи, и все время была мысль, как бы там чего не пробило. Переходы, действительно вещь не простая, но, к счастью, 22 года ускоритель работает и это конечно заслуга таких людей, как здесь сидящий перед нами диссертант, и на них, в общем-то, все и держится. Он по счастливой случайности еще и Иванов, на Ивановых земля русская, говорят, держится ну и Нуклотрон тоже оказывается. И еще хотел добавить, что в те годы, когда это начиналось, тут статистики какие-то если кому надо, это, конечно, все правильно, но когда все это делалось в отсутствии финансирования, когда приходилось все доставать, и мы валюты не держали, в то время и рублей не было. Тем не менее, мы всегда делали обход, и Александр Дмитриевич и Александр Михайлович Балдин участвовал в этих обходах, мы видели эту нищету, просьбы, вот Евгений Владимирович говорил, что компьютера там не было, что-то мы пытались помогать, но на самом деле действительно было тяжело, но, тем не менее, в итоге было сделано, все работает, поэтому я призываю голосовать «за» и перейти к следующему вопросу. Предоставляю слово соискателю для заключения.

Иванов Е.В.: Позвольте выразить благодарность ученому совету, своим наставникам оппонентам, которые потратили на это время и не поленились приехать, своим учителям, Коваленко Александру Дмитриевичу и ныне покойному Смирнову Анатолию Алексеевичу, имя которого нельзя здесь не упомянуть, а также всему трудовому коллективу группы и лаборатории, которые поддержали и помогли мне в этой работе.

Малахов А.И.: Дальше нам нужно избрать счетную комиссию, для того чтобы мы провели голосование. Предлагается включить в ее состав Игоря Алексеевича Тяпкина Александра Сергеевича Водопьянова и ученого секретаря.

Предложение принимается? Возражений нет? Тогда прошу счетную комиссию приступить к работе.

Перерыв на голосование.

После перерыва.

Водопьянов А.С.: зачитывает результаты голосования. Протокол 15-04 счетной комиссии от 8 октября 2015 года в составе Водопьянов, Тяпкин, Арефьев. Комиссия при тайном голосовании по диссертации Иванова Евгения Владимировича на соискание степени кандидата технических наук. Присутствовало на заседании совета 22 члена совета, в том числе докторов наук по теме рассматриваемой диссертации 6 человек, роздано бюллетеней 22, осталось не розданных 9, оказалось в урне 22. Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата технических наук Иванову Евгению Владимировичу: за 22, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Малахов А. И.: Мы должны утвердить протокол. Кто за то чтобы утвердить? 22. Против и воздержавшихся нет. Спасибо. Теперь мы должны принять заключение совета. Вопрос к членам совета, есть какие-нибудь замечания? Есть замечания.

Тяпкин И.А.: Предлагаю в пункте «достоверность результатов подтверждается...» оставить только первый абзац, где говорится о надежной работе созданной системы в течение 20 лет эксплуатации Нуклотрона. По-моему, это исчерпывающее доказательство достоверности результатов.

Строковский Е. А.: Мне кажется, этот пункт сформулирован с учетом рекомендаций «Положения о совете по защите диссертаций...».

Малахов А. И.: Спасибо. Еще есть замечания по существу? Нет. Предлагаю принять заключение в целом. Кто за? 22. Против и воздержавшихся нет. Принимается единогласно.

Поздравляем Евгения Владимировича с успешной защитой и желаем ему дальнейших успехов.

На этом заседание объявляю закрытым.

Председатель
диссертационного совета

Малахов А.И.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Арефьев В.А.

« 28 » октября 2015 г.