

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ивановой Алины Александровны «Развитие методик и аппаратных средств цифровой спектрометрии для нейтронных и гамма диагностик», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Актуальность темы: Диссертационная работа А.А. Ивановой посвящена созданию цифровых спектрометрических трактов для регистрации потоков нейтронов и гамма-квантов для диагностики исследовательских и промышленных устройств, использующих генераторы быстрых или тепловых нейтронов, а также исследований по физике высокотемпературной плазмы и управляемому термоядерному синтезу. Цифровой подход перспективен для решения задач регистрации интенсивных потоков нейтронов и γ -квантов со скоростью счета до 10^6 событий/с, а также и задачи n - γ -дискриминации. Реализация алгоритмов обработки событий на уровне регистрирующей аппаратуры на основе перепрограммируемых цифровых узлов позволяет применять алгоритмы цифровой обработки сигнала (ЦОС), формировать аппаратные распределения частиц по энергиям, тем самым снижая объемы передаваемых данных по каналам связи. А также применение перепрограммируемых цифровых узлов позволяет на одной аппаратной платформе реализовывать различные диагностические системы, изменяя структуру узла ЦОС. Поэтому работа А.А. Ивановой является актуальной.

Новизна результатов: В диссертационной работе А.А. Ивановой получен ряд новых результатов, вносящих существенный вклад в проектирование цифровых спектрометрических трактов. Реализована на базе FPGA (Field-programmable gate array) процедура разделения наложенных событий, обеспечивающая скорость счета до 10^6 событий/с в режиме реального времени. Предложена и реализована на базе FPGA оригинальная схема цифрового узла, обеспечивающая n - γ -дискриминацию с коэффициентом добротности (Figure of

Merit) $FOM = 2.01$ на линии 1 Cs (477.3 кэВ) при помощи сцинтилляционного детектора на основе стильбена. Предложена и реализована на базе FPGA оригинальная архитектура узла цифровой обработки сигналов алмазного детектора для Вертикальной нейтронной камеры ИТЭР, обеспечивающая потоковую обработку данных на частоте 500 МГц.

Практическая ценность: Разработанные регистраторы апробированы в экспериментах на установке «Ускоритель-Тандем БНЗТ» (ИЯФ СО РАН, г. Новосибирск). При помощи анализатора потока нейтронов проведены измерения нейтронного выхода на прототипе инжектора, разработанного в ИЯФ СО РАН для токамака TCV (г. Лозанна, Швейцария). Цифровой анализатор алмазного детектора для Вертикальной нейтронной камеры (ВНК) ИТЭР (г. Кадараш, Франция) успешно прошел тестовые испытания в Проектном центре ИТЭР (г. Москва).

Содержание диссертации: Диссертационная работа А.А. Ивановой представлена на 128 страницах, содержит 91 иллюстрацию, 5 таблиц и 85 наименований библиографии. Диссертация включает введение, четыре главы и заключение. Во введении автор обосновывает актуальность темы диссертации, определяет цель, формулирует задачи, отмечает научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, формулирует положения, выносимые на защиту. Первая глава посвящена обзору, отражающему развитие спектрометрических трактов. Вторая глава диссертации А.А. Ивановой посвящена разработке регистраторов интенсивного потока γ -квантов для установки «Ускоритель-Тандем БНЗТ» (ИЯФ СО РАН). В третьей главе диссертации приводится описание анализатора потока быстрых нейтронов для диагностики промышленных устройств, использующих источники или генераторы быстрых нейтронов, разрабатываемых в ИЯФ СО РАН. Четвертая глава посвящена цифровому анализатору сигналов алмазного детектора для Вертикальной нейтронной камеры (ВНК) ИТЭР (г. Кадараш, ИТЭР). В заключении приводятся основные результаты диссертационной работы.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается проведенными

метрологическими испытаниями разработанной аппаратуры, а также опытом её эксплуатации в составе экспериментальных установок в ИЯФ СО РАН (г. Новосибирск) и Проектном центре ИТЭР (г. Москва).

По данной работе имеются некоторые замечания, не снижающие ценности выполненных исследований.

Замечания по диссертации .

В диссертации отсутствуют приложения, могли бы быть приложены, как минимум, акты внедрений, поскольку работа явно прикладная, её результаты явно внедрены в нескольких ядерных системах, значимых для науки и техники.

Диссертация структурирована на главы, которые напоминают краткое техническое описание устройств, их принципы действия и параметры. В конце каждой из глав отсутствуют выводы по данной главе. Было бы легче воспринимать диссертацию, если бы она была структурирована по блокам: а) введение (актуальность, цели задачи, принципы действия приборов и что достигнуто по каждому из приборов, выводы), б) теоретические достижения автора и их экспериментальные подтверждения, выводы; в) результаты испытаний, внедрений, апробаций, выводы.

На стр. 17 сказано, что при регистрации сигнала при интенсивных потоках нулевая линия может «плавать». Из контекста следует, что речь идет об изменении среднего уровня сигнала, но это изменение является информативным, и его «плавание» естественно, его следует измерять. Термин «плавать», по-видимому, заменяет термин «дрейф нуля усилителя» или «дрейф нуля АЦП». Но дрейф нуля усилителя или АЦП не может зависеть от величины входного сигнала. Чем больше уровень входного сигнала, тем меньший относительный вклад вносит дрейф нуля в результат дальнейшей обработки. Поэтому данный абзац не понятен. С другой стороны, при изменении входного сигнала в большом диапазоне управление коэффициентом передачи последующего тракта обработки полезно, но не для снижения влияния дрейфа нуля, а для того, чтобы сигнал не ограничивался. То есть в данном абзаце дан верный вывод, хотя посылки для него не понятны.

Автор иногда использует излишне длинные индексы и даже многоэтажные, где можно было бы обойтись более простым обозначением, например, на стр. 22.

Автор пользуется терминами «разрешение» (стр. 26, стр. 63), «чувствительность», «точность», имея в виду, по-видимому, понятия, обратные этим величинам, то есть «ошибка по разрешению», «нечувствительность», «погрешность». Разница в этих понятиях наглядно проявляется при использовании сравнительных категорий «увеличить», «снизить», «больше» или «меньше».

На стр. 28 сказано, что «на входной сигнал будут неизбежно наложены высокочастотные шумы. Поэтому амплитудный динамический диапазон АЦП необходимо увеличить минимум в два раза». Не понятно, какова связь этих двух утверждений. Во-первых, ВЧ-шумы следует устранить входным фильтром НЧ по требованиям теоремы Котельникова (Шеннона). Во-вторых, диапазон увеличивают тогда, когда опасаются режима ограничения. В-третьих, коль скоро сказано, что используется регулируемое усиление на входе АЦП, следовательно, проблема решена. Обосновать разрядности на 1 разряд (13 бит при расчетной величине 12 разрядов) достаточно просто было бы необходимостью «запаса» на случай быстрого изменения амплитуды сигнала (которое не отрабатывается системой регулировки уровня с использованием регулируемого коэффициента усиления).

На стр. 30 говорится о 20-разрядном АЦП по принципу Σ - Δ -модуляторов, при этом используется двухканальный режим. Если требуется высокая точность такого АЦП (20-24 разряда), то режим коммутации недопустим вследствие влияния переходных процессов между коммутациями.

На стр. 34 приведены рассуждения о свертке двух аналоговых функций, но до этого шла речь о дискретных функциях, и поэтому следовало продолжать рассуждения в терминах дискретных преобразований, или сделать оговорку о том, почему рассуждения перенесены на область непрерывных временных функций.

Рассуждения на стр. 39 не понятны, также не ясно, оригинальны ли они, или заимствованы из какого-то источника. В частности, не понятно, каким образом, решая соотношение (2.11), в котором не содержится величина $y_{\max}$, можно

получить соотношение для этой величины в виде (2.12). Здесь упущены какие-то промежуточные действия или иллюстрации.

В разделе «2.3.3. Прикладное программное обеспечение» описано программное обеспечение, но если оно не авторское, это описание можно было опустить.

В тексте на стр. 63 сказано, что «разрешение» составило 11 %, далее даны иллюстрации, Рис. 2.38 и 2.39. Желательно было бы указать на этих иллюстрациях, из каких показателей можно увидеть эту величину, равную 11 %.

В Главе 3 на Рис. 3.2 лучше было использовать по оси ординат логарифмический масштаб, как это сделано на Рис. 3.1, тогда графики легче было бы сравнивать.

На стр. 69 сказано «было принято решение о том, что следующее поколение анализаторов потока... развивать на основе метода сравнения». Не ясно, кем было принято это решение? Если автором диссертации, следовало пояснить, на основе чего оно было принято, если руководством, на чье решение повлиять невозможно, следовало бы это указать, а также дать свою оценку этого решения.

На стр. 70 в 5-й строке сказано «постоянная времени высвечивания в стильбене составляет 80 нс», а в строке 6-й снизу сказано: «постоянные времени спада сцинтилляционного детектора на основе стильбена составляет ~80 нс». Если имеется в виду одно и то же, следовало использовать один и тот же термин, если имеется в виду различные понятия, следовало дать им определения.

Часто разделы заканчиваются иллюстрациями, после которых нет никаких выводов. Пояснения все же нужны, как например, после Рис.3.6 и в других случаях следовало пояснить, что именно можно усмотреть в данном рисунке и что данный рисунок подтверждает (или опровергает).

На стр. 82 сказано, что наблюдается «наилучшая n-γ-дискриминация методом сравнения заряда, собранного за разные временные интервалы импульса». Указанная терминология была бы корректной, если бы действительно имел место заряд пластин конденсатора. Но ведь в системе сигнал преобразуется в цифровые отсчеты, поэтому точнее было бы применить термин «методом интегрирования сигнала» для данного случая.

На стр. 83 после указания, где было апробирован анализатор (г. Лозанна, Швейцария) следовало бы дать ссылку на публикацию с результатами этой апробации. Кроме того, слово «апробация» в диссертации, как правило, означает обсуждение результатов на конференциях, поэтому в данном случае лучше было бы применить слова «был испытан», а, возможно, следовало бы добавить «и с тех пор успешно используется».

На стр. 85 в третьей строке говорится о заштрихованной области на рис. 3.18, но на этом рисунке обнаружить заштрихованную область не удалось.

На стр. 89 после указания погрешности 0.1 % следует добавить «от диапазона», поскольку никакой АЦП не может обеспечить такую маленькую погрешность от самой измеряемой величины, так как эта величина может быть сама по себе мала, например, несколько единиц МЗР.

На стр. 93 говорится о величине фоновых шума, которая «составляет 118.894 дБ». Во-первых, упущен знак «минус», что подтверждается величинами на Рис. 4.7 и Рис. 4.8, ясно для 12-разрядного АЦП иначе и быть не может. Во-вторых, шесть значащих цифр для указания такой логарифмической величины, это явно перебор. Достаточно было бы сказать «менее -118 дБ» или «около -120 дБ». Это же относится к величине отношения сигнал/шум, сказано « $SNR = 59.651$ дБ».

Замечания по автореферату

Поскольку автореферат отпечатан не в цвете, ссылка на цвет графиков (например, под Рис. 2, Рис. 3, Рис. 4, Рис. 6 - «красный график», «синий график») неуместна.

Все указанные замечания относятся к недочетам редактирования и не существенны, найденные недостатки не снижают ценности диссертационной работы.

Автореферат А.А. Ивановой полностью соответствует содержанию диссертационной работы и требованиям, предъявляемым к авторефератам, как по части содержания, так и по части оформления.

Основные результаты диссертации А.А. Ивановой отражены в 8 научных работ (из них 4 — статьи в рекомендованных ВАК журналах и 4 — материалы

конференций), а также неоднократно докладывались на российских и международных конференциях.

Диссертационная работа А.А. Ивановой соответствует указанной специальности «01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики», а именно таким областям исследования, как «Разработка и создание новых приборов и аппаратурных комплексов для исследований в области астрономии и астрофизики» и «Разработка и создание средств автоматизации физического эксперимента».

Диссертационная работа А.А. Ивановой соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор, А.А. Иванова заслуживает присуждения ей научной степени кандидата технических наук по специальности «01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики».

Заведующий кафедрой автоматики
федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Новосибирский
государственный технический университет», доктор
технических наук, доцент
630073, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, д. 20.
телефон +7-961-875-1917, факс +7-383-346-1119,
e-mail: Zhмud@corp.nstu.ru

Жмудь Вадим Аркадьевич

Подпись В.А. Жмудя заверяю
Доктор технических наук
Учёный секретарь ФГБОУ ВО «НГТУ»
pavshok@corp.nstu.ru

Шумский Геннадий
Михайлович

