

ОТЗЫВ

официального оппонента Якунина Алексея Григорьевича на диссертационную работу Асадчего Артёма Владимировича «Устройство контроля технических объектов с минимизацией объема сохраняемых данных» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из трёх разделов и содержит 164 страницы (в том числе 142 страницы основного текста), 80 рисунка (в том числе 2 – в приложениях), 10 таблиц, библиографический список из 110 наименований и 6 приложений.

Актуальность темы диссертации

Современное высокотехнологичное оборудование характеризуется повышенной сложностью и требует тщательного контроля на всех стадиях его производства и эксплуатации. Зачастую такой контроль протекает непрерывно, с логгированием контролируемых параметров в энергонезависимую память. Объем лог-файлов при этом может достигать значительных величин, особенно при контроле высокочастотных технологических процессов и процессов, протекающих в самом оборудовании. Поэтому для повышения надежности работы систем контроля и сокращения затрат на хранение информации широко применяются различные методы её сжатия.

Постоянная перезапись информации в энергонезависимую память приводит к ее физическому износу, что может вызвать потерю данных. Поэтому диссертационную работу Асадчего А. В., направленную на разработку нового подхода к сжатию информации, основанного на сочетании аналогового и цифрового методов обработки данных и позволяющего увеличить рабочий ресурс элементов памяти, безусловно можно считать своевременной и актуальной.

Общая методология исследования

На основании анализа структуры современных устройств контроля технических объектов сделан вывод о целесообразности использования схемотехнических решений для сжатия измерительной информации. Предложена оптимальная с точки зрения автора структура устройства для контроля параметров вторичных источников питания электронной аппаратуры, в основе которой лежит сочетание аналоговых и программных средств для обработки измерительной информации. Аппаратные аналоговые средства служат для выявления в информационном сигнале участков, выделяющихся от остальных участков некоторыми критериями и относящихся, в основном, к нештатным или иным особым режимам работы контролируемого объекта. При этом средства вычислительной техники служат в основном для фиксации выделенных событий с повышенной точностью по сигналам, поступающим с аналоговой части устройства контроля.

В качестве критерия, влияющего на характер обработки сигнала, была выбрана его производная, в соответствии с которой должен меняться темп выборки контролируемых параметров, что, собственно, и позволяет сократить объем аппаратных затрат на хранение данных. Далее для выбранного объекта контроля разрабатывается математическая модель сигнала, описывающего переходный процесс, возникающий при подключении к блоку питания нагрузки и оценивается объем памяти, необходимый для его сохранения с заданной точностью с позиции методов спектральной обработки сигналов. Далее на SPICE – модели, разработанной в симуляторе Simulink, проводится оценка качества восстановления сигнала и исследование зависимости качества восстановления и необходимого для этого объема хранимых данных в зависимости от постоянной времени дифференцирующего устройства и от параметров собранного на дискретных элементах управляемого напряжением генератора (ГУН), которые влияют на диапазон перекрываемых генератором частот и характеристику управления.

Исследования завершаются экспериментальной проверкой полученных результатов моделирования на действующем макете устройства, отличающегося от модели использованием ГУН в интегральном исполнении.

Итоги выполненных теоретических и экспериментальных исследований были положены в основу сформулированных в автореферате элементов научной новизны и научных положений, выносимых автором на защиту.

Оценка структуры и содержания диссертации

Основные результаты диссертации изложены в трех главах, в которых последовательно приведены этапы исследования и разработки устройства и способа контроля технических объектов с минимизацией объема сохраняемых данных. В целом объём, структура и оформление как самой диссертации, так и её автореферата соответствуют рекомендациям ВАК и требованиям ГОСТ Р 7.0.11 - 2011.

Диссертационная работа имеет достаточно четкую логическую структуру. Она хорошо проиллюстрирована и демонстрирует глубокое знание автором вопросов, относящихся к теоретической стороне выполненных исследований и наличием компетенций в области практической разработки как программного, так и аппаратного обеспечения элементов и устройств вычислительной техники на базе микроконтроллеров. Можно отметить в целом хорошее владение автором специальными терминами из рассматриваемой предметной области. Стилль изложения не вызывает нареканий, равно как и общее оформление диссертационной работы, выполненное в целом на хорошем уровне. Характерных для многих работ недостатков в виде опечаток, терминологических, стилистических неточностей и несогласованности спряжений в диссертации почти нет. Крайне редко встречаются отдельные терминологические огрехи. Например, автор использует термин «метрологическая информация» применительно к регистрируемым системой контроля данным (термин присутствует в названии раздела 1.1.2., при описании задач и практической ценности работы и в других местах) вместо более уместного в данном случае термина «измерительная информация».

Имеются также незначительные недостатки и мелкие ошибки в оформлении и подаче излагаемого материала. В тексте не включен автоматический перенос слов, в результате чего на отдельных страницах наблюдаются значительные разрывы между словами. Выводы по разделам пронумерованы, а выводы по первому разделу – это, скорее, не выводы, а полученные результаты. На странице 21 в подписи к рисунку 1.4 аббревиатура СУ расшифровывается как схема управления, а на стр. 40 – это уже согласующее устройство. В обоих случаях расшифровка аббревиатуры – в подрисуночной подписи, а не в тексте. Для аббревиатуры дифференцирующего устройства (ДУ, стр. 55) вообще нет расшифровки ни в тексте, ни в подписи к рисунку 2.14. Для семейства зависимостей, представленных на рисунке 3.4, ни на рисунке, ни в подписи к нему, ни в тексте не указаны для каждой кривой семейства значение соответствующей ей емкости конденсатора. Буквой S на странице 44 диссертации в выражении (2.1) и на рисунке 2.2 обозначена спектральная плотность, а в предшествующей выражению (2.1) формуле на этой же странице и в выражении (2.4) S – это уже сам сигнал, т.е. функция времени, а не угловой частоты.

Из других общих замечаний можно назвать наличие расхождений между названием отдельных разделов работы и их содержанием. Так, раздел 2.4 называется «Исследование способа и устройства контроля электрических параметров, основанных на вычислении производной», хотя фактически в нем приведена структурная схема устройства контроля и описан принцип его работы. Аналогично, в разделе 1.3 «Выбор оптимальной структуры устройства контроля» выбора как такового не делается, а дается описание некоторого близкого к исследуемому далее в работе устройству контроля выходных параметров DC/DC преобразователя. В разделе 1.1 вместо анализа требований к создаваемому устройству приведена совсем другая информация. Название таблицы 1.1. (Основные принципы создания устройств контроля) тоже не отвечает ее содержанию. Это, скорее, попытка

классифицировать подобные устройства по ряду классификационных признаков, предполагающих бинарную кластеризацию.

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационной работы, поставлены цель и задачи исследования, перечислены научная новизна, основные положения, выносимые на защиту, полученные научные и практические результаты и их практическая ценность, сведения об апробации работы и ее соответствии научной специальности. Пожалуй, стоит отметить, что в перечне научной новизны работы (стр.7) пункты 1 и 3, по сути, дублируют друг друга, поскольку пункт 1 воспроизводит суть предложенного автором способа сжатия данных, а пункт 3 - устройство, его реализующее.

Первый раздел посвящен анализу современных систем контроля. Приводится их классификация, классификация измерительных сигналов, структура и работа устройств с параллельной и последовательной выборкой данных, перечисляются некоторые виды алгоритмов сжатия данных с потерями и без потерь. Описан вариант сокращения объема регистрируемых данных за счет исключения записи сигнала, если некоторый характеризующий его критерий не выходит за установленные границы. Далее описывается работа устройства, являющегося прототипом предложенного автором решения и в заключение делается очень краткий обзор различных видов систем контроля, включая так называемые черные ящики бортовой авиационной аппаратуры и SCADA – системы.

В целом содержание данного раздела носит больше обзорный, чем аналитический характер, причем зачастую очень поверхностный. Большинство из приведенных в разделе сведений хорошо известны специалистам в области вычислительной и информационно-измерительной техники и не представляет интереса. К тому же некоторые приведенные в работе сведения достаточно спорны. Например, на рисунке 1.1 (страница 17) одним из классификационных признаков сигнала назван характер его появления, по которому все сигналы разделены на постоянные и переменные. Как известно, сигнал – это физический процесс, несущий информацию о чем-либо. И если у этого процесса все параметры на протяжении всего времени НИКОГДА не меняются, то он не может являться сигналом в строгом смысле.

В разделе имеются и другие, непринципиальные «шероховатости» и неточности.

Так, на рисунке 1.2 в блок схеме проверка параметра делается единожды, при старте программы (рис.1.2а), а в структуре устройства (рис.1.2б) ОЗУ не имеет входа данных, зато к адресной шине, входам записи и выборки подключены сразу два функциональных блока (адресный и диагностики). И мультиплексор последовательно переключает адреса со своих входов не в зависимости от поступающих сигналов, как написано на стр. 19, а в соответствии с адресом, выставленным на его адресных входах блоком формирования адресов 6. По хорошему, адресную шину не стоило объединять с выходным сигналом блока обработки данных, чтобы избежать данного недоразумения.

Величина $(n_0 - n)/n$ никак не является обратной к величине n_0/n , как написано на странице 27, а рисунок 1.8 никак не иллюстрирует процесс рассинхронизации. Пояснение к этому рисунку на предыдущей странице тоже довольно туманно. Похоже, что на рисунке представлен случай, когда частота дискретизации слишком мала для сохранения информации о динамике протекания контролируемого процесса. Скорее всего, автор имел в виду, что контролируемый процесс носит импульсный характер и запись должна вестись только в момент его протекания, то есть быть синхронизирована. Но данный рисунок этот случай не иллюстрирует должным образом.

Пример, описанный на страницах 30-31 и изображенный на рисунке 1.9, несколько надуман, так как с задачей защиты блока питания (БП) от перенапряжений и перегрузки по току справляются достаточно простые схемотехнические решения, без применения дополнительных специализированных устройств с внешними входами для команд управления.

Выводы по разделу сформулированы как результаты и выводов как таковых не содержат. Последний абзац выводов-результатов никак не вытекает из предшествующего

описания, т.к. DC/DC преобразователь был приведен всего лишь как один из примеров в разделе 1.3. и выбор в качестве объекта исследования DC/DC преобразователя никак не аргументирован. В работе контролируются только БП, но нигде в диссертации не поясняется, почему выбор пал именно на них и, собственно, зачем это нужно? В повседневной практике БП не имеют подобных средств контроля. Такой контроль явно специфичен. По сути, задача исследований до конца не была поставлена, а именно задача контроля работы блоков питания какой-то специфичной аппаратуры или задача мониторинга процессов, протекающих в БП при проведении исследований в ходе их разработки.

Как уже было отмечено ранее, названия подразделов слабо коррелируют с их содержанием. А само содержание раздела слабо коррелирует с тематикой исследований.

На мой взгляд, работа бы выглядела более выигрышно, если бы в первом разделе были приведены сведения об аппаратно-программном обеспечении систем контроля и диагностики, использующие различные способы сжатия данных, а не описывалась классификация приборов контроля и видов сигналов, чему место – в учебно-методическом пособии, а не в научном исследовании. Пожалуй, ближе всего к теме исследований можно отнести подраздел 1.3., но в целом и он не содержит оригинальной информации. К тому же место этому подразделу – в начале, а не конце первого раздела.

Во втором разделе сначала описываются предложенный автором способ минимизации сохраняемых данных путем модуляции частоты выборок информационного сигнала его производной и устройство, его реализующее. Далее теоретически и с применением имитационного моделирования оцениваются такие свойства предложенного технического решения, как объем памяти, необходимой для записи переходного процесса, возникающего во вторичном источнике питания в момент подключения к нему нагрузки, а также точность воспроизведения записанного процесса. Теоретически оценивается только объем памяти, а при моделировании дополнительно решается также задача оптимизации таких параметров устройства, как постоянная времени и частотный диапазон ГУН, и делается сравнение работы устройства контроля с постоянной и изменяемой частотой дискретизации.

Несмотря на в целом хорошее впечатление о данном разделе, хотелось бы сделать по его содержанию ряд замечаний.

Так, при разработке модели для описания переходных процессов выбор кусочно-линейной аппроксимации – не лучшее решение, особенно при использовании спектрального анализа, поскольку разрывы на сигнале первых производных приводят к появлению в спектре высокочастотных составляющих. Кроме того, модель предполагает фиксированное отношение интервалов нарастания и спада регистрируемого процесса, что дополнительно ограничивает её возможности. В качестве критерия ограничения частотного диапазона спектра вместо порога спектральной плотности (рисунок 2.5, страница 45) было бы лучше использовать порог по энергии сигнала, т.к. в силу вышеупомянутой причины спектр сигнала может оказаться неоправданно расширен. Правда, в дальнейшем этот критерий используется автором лишь для грубой оценки необходимой частоты дискретизации и в эксперименте для восстановления сигнала используется различное число гармоник, что равносильно изменению значения критерия определения границы спектра. Не совсем корректно применение в качестве критерия точности восстановления сигнала отношения максимального отклонения восстановленного сигнала к его амплитуде, поскольку этот критерий не позволяет оценить искажения на участках, где уровень сигнала мал. С другой стороны, использование в качестве критерия максимального значения модуля относительного отклонения или среднеквадратичной ошибки тоже требует обоснования, чего в работе сделано не было.

Большое удивление вызвало сравнение результатов по объему хранимых данных для двух сигналов идентичной формы, но разной длительности и амплитуды, приведенных на стр.51 и 52. Из теории спектрального анализа на основании теоремы о масштабировании следует, что число дискретных отсчетов N для равноточного восстановления сиг-

нала в обоих случаях должно быть идентично, но у автора в одном случае $N=18$, а в другом – 8. Вообще-то хотелось бы в конечном итоге увидеть конкретное расчётное соотношение или хотя бы алгоритм, позволяющий для заданных параметров модели сигнала, заданной погрешности его восстановления и заданном способе восстановления (через преобразование Фурье или с применением ступенчатой или кусочно-линейной аппроксимации) найти необходимую минимально допустимую частоту его дискретизации, но, к сожалению, до этого уровня методика расчета частоты дискретизации в работе доведена не была, что и повлекло за собой большое число дополнительных исследований

Не оговорены в работе и условия применения для оценки объема необходимой для хранения данных памяти формулы 2.7. Она справедлива лишь тогда, когда разрядность данных кратна 8 двоичным разрядам. При десятиразрядном АЦП формула (2.7) не применима, либо же применима, но тогда потребуются большие аппаратные и/или программные затраты для перекомпоновки хранимых данных в байтовый формат записи. Хотя тут возникает резонный вопрос о необходимой для выборки данных разрядности АЦП. Если погрешность восстановления данных составляет около 4%, то зачем нужно применять 16-разрядный АЦП? Возможно, хватило бы и 8 разрядов? Однако подобных исследований в работе нет.

Нет в работе и информации о том, как на практике и в имитационном моделировании восстанавливается сигнал и что сохраняется в ОЗУ. Поскольку интервал дискретизации переменен, использование обратного преобразования Фурье для этих целей неприемлемо и к тому же ресурсоемко. Судя по рисунку 2.30 и ряду последующих рисунков, для восстановления сигнала использовалась даже не кусочно-линейная, а ступенчатая аппроксимация, что может существенно снижать точность восстановления данных и обесценивает полученные ранее результаты по оценке необходимой частоты дискретизации.

В своих оценках объема хранимых данных автор совсем забыл о том, что, при неравномерных выборках, кроме отсчетов амплитуды, нужно еще хранить и отсчеты времени. И это может существенно изменить результаты сравнения режима работы устройств контроля с постоянной и переменной частотой дискретизации.

При чтении в подразделе 2.6 описания исследований по оценке влияния дифференциатора на работу устройства опять наблюдается множество неточностей и нестыковок. Так, для нумерованного выражения в начале подраздела постоянная времени – всего лишь масштабный коэффициент, тогда как следующее за ним выражение для АЧХ – это уже обычная дифференцирующая цепочка. А фраза "Чем меньше значение постоянной времени цепи, тем медленнее изменяется сигнал на выходе ДУ" вообще не верна, так как скорость изменения сигнала зависит от его динамики, а от постоянной времени зависит лишь амплитуда сигнала на выходе дифференциатора и (при его не идеальности) – степень его отличия от идеальной производной. Чем шире спектр входного сигнала, тем меньше должна быть постоянная времени дифференциатора. Но при этом падает и амплитуда выходного сигнала из-за уменьшения масштабного коэффициента. Поэтому не совсем понятно, что иллюстрируют рисунки 2.20 и 2.21, поскольку не понятно, как был получен выходной сигнал. Скорее всего, при малых постоянных времени сигнал на выходе дифференциатора оказывался слишком мал, вырабатываемая ГУН частота дискретизации сохранится низкой и меняться почти не будет, что и приведет к ошибке восстановления сигнала. Увы, данное пояснение в работе отсутствует. В результате так и осталось неясным, что же все-таки использовалось в работе для дифференцирования сигнала: дифференцирующая RC-цепочка или дифференцирующий усилитель на операционном усилителе, где произведение RC входящие в его схему компоненты – всего лишь масштабный множитель, но не влияющая на форму выходного сигнала величина? И его частотная характеристика имеет совсем иной вид, чем характеристика, приведенная на рисунке 2.19. Хотя, как следует из рисунка 2.22, в схеме все же использовался дифференциатор на операционном усилителе, обеспечивающий практически идеальное дифференцирование. С другой стороны, из соотношения резисторов $R3/R4$ в схеме, приведенной на рисунке Г.1

приложения Г, следует, что непонятно с какой целью частотная характеристика усилителя умышленно сделана близкой к характеристике дифференцирующей цепочки, образованной цепью R4C1.

Что касается заключительных подразделов 2.8 и 2.9, то они в какой-то степени повторяют подраздел 2.2., только уже с несколько иной моделью тест-сигнала. И использование в SPICE-модели для восстановления сигнала ступенчатой аппроксимации (о чем в работе явно не сказано) привело к ожидаемому результату о необходимости многократного увеличения частоты дискретизации и объема памяти для записи сигнала. Да и сопоставление предложенного технического решения с системами с равномерной выборкой, не совсем корректно, особенно если учесть отсутствие учета дополнительного объема памяти под запись временных интервалов между отсчетами сигнала. Было бы уместно сделать и сравнение с классическими алгоритмами сжатия данных, по отношению к которым выигрыш в экономии памяти мог оказаться и не столь значительным или даже вовсе отсутствовать. Если же учесть, что степень сжатия сильно зависит от характера регистрируемого сигнала, было бы полезно сравнить достигнутые результаты с результатами, получаемыми для сигналов, имеющих иной характер его изменения во времени.

Третий раздел посвящен описанию экспериментальных исследований разработанного устройства контроля.

Его подраздел 3.1, посвященный описанию установки, новой информации, по сути, не принес, так как структурная схема устройства и временные диаграммы его работы остались практически теми же, что были приведена в предыдущем разделе.

В подразделе 3.2. "Характеристики основных узлов устройства контроля" из всех узлов описан лишь ГУН, для которого приведены конкретные данные, отсутствующие в сторонних информационных источниках. Однако после прочтения так и осталось непонятным, в каком же диапазоне частот будет работать данный преобразователь.

Контент подраздела 3.3. «Описание экспериментальной схемы, методика эксперимента» оказался крайне лаконичен и свелся в основном к фотографии установки и к паре фраз о том, что сначала нужно оптимизировать диапазон частот, а затем – величину постоянной времени. Наименований конкретного лабораторного оборудования и свойств исследуемого блока питания в подразделе не приведено, равно как и не приведено конкретики, касающейся описания элементной базы, использованной в устройстве контроля, пусть даже это и компонентная база симулятора.

В подразделах 3.4. и 3.5 автор вновь возвращается к выбору постоянной времени и выбору частоты дискретизации, но уже не для модели, а для реального устройства. В целом полученные результаты тривиальны: чем выше частота, тем выше точность восстановления и больше объем необходимой для хранения памяти. И совсем непонятно, зачем нужно было оценивать искажения сигнала в частотном диапазоне от 50Гц до 80кГц вместо того, чтобы воспользоваться результатами по оценке необходимой для дискретизации частоты, полученными в разделе 2 и, в частности в подразделе 2.2? И при этом совершенно не поясняется, почему исходные результаты моделирования в 288 бит/сигнал в разделе 2.2 «конвертировались» сначала в 13.6 кбит в подразделе 2.9, а в реальной системе уже в 63088 бит? Попутно можно отметить, что, если в частотном диапазоне ГУН 50 -330 Гц показанные на рисунке 12 искажения восстановленного сигнала хорошо видны, то для диапазона ГУН 6-80кГц для отображения искажений на рисунке 3.14 следовало показать наложение исходного и восстановленного сигналов, а их усиленный разностный сигнал.

И по-прежнему при расчете объема памяти нигде ничего не говорится об увеличении её объема памяти за счет необходимости записи временных отсчетов или частот дискретизации. Кроме того, на рисунке 3.7 видно, что участок на интервале времени t_3 не фиксируется на повышенной частоте и, следовательно, будет сохранен с искажениями. Это объясняется тем, что в установке не принято мер для введения задержки сигнала перед его оцифровкой или введения буферной памяти, что позволило бы исключить данный недостаток, вызванный тем, что частота ГУН возрастает не сразу, а с некоторой задерж-

кой после того, как скорость изменения сигнала меняется. В то же время из-за использования вместо нормального дифференциатора RC – цепи частота дискретизации понижается не сразу, а с некоторой задержкой после того, как сигнал перестает резко изменяться. Кроме того, судя по тому же рисунку 3.7., частота выборки изменяется скачкообразно, после превышения сигнала на выходе дифференцирующего устройства некоторого порога. Однако в приведенной на рисунках 3.1, 3.2 и 3.5 структурной схеме устройства в целом и его дифференциатора никаких пороговых устройств не наблюдается.

В подразделе 3.6 автор вновь возвращается к описанию структурной схемы устройства контроля, но предназначенного для регистрации уже четырёх каналов. Для чего предназначено такое устройство и зачем сигналы с четырёх дифференциаторов суммируются в один поступающий на вход ГУН сигнал, в работе не поясняется. Если все 4 сигнала относятся к одному процессу и соответствуют току нагрузки, напряжениям на входе и выходе БП и еще какому-то его параметру, то зачем нужно 4 дифференциатора? И откуда ток потребления устройства равен 0.4А? Возможно, из-за применения какого-то достаточно энергоемкого вычислительного устройства, например, Raspberry? И зачем нужен внешний накопитель на 2 ТБ, если один "сеанс" записи одного процесса занимает менее 100 Кбайт? Увы, на все перечисленные вопросы ответа в диссертации найти не удалось.

В подразделе 3.7 автор на числовых примерах доказывает необходимость применения сжатия регистрируемой информации с целью уменьшения физического износа памяти и показывает преимущество использования своего решения на абстрактном примере (см.стр.121), в котором целый час уровень сигнала не меняется. В этом случае RLE метод обеспечил бы степень сжатия в сотни, а не в 6 раз, причем без всякой потери в точности сохранения данных и без использования сколько-нибудь значительных вычислительных ресурсов. Однако, что уже отмечалось, сравнения с программными классическими методами сжатия данных в работе нет.

В подразделе 3.8 вместо заявленных в названии рекомендаций по проектированию устройства описываются приведенные во всех учебниках по цифровой обработке сигналов методы реализации цифровых фильтров по их импульсной или частотной характеристике. И при этом вместо использования традиционных в вычислительной математике схем дифференцирования автор предлагает использовать гораздо менее совершенный и более сложный в реализации цифровой фильтр, воспроизводящий амплитудно-частотную характеристику дифференцирующей RC-цепочки. Вообще-то предлагаемый автором уход от аналоговых модулей к их программным аналогам дискредитирует саму идею диссертации, сводя ее к еще одному из алгоритмов сжатия данных.

В подразделе 3.9 представленный на рисунке скриншот интерфейса пользователя интуитивно понятен разве что автору диссертации. К тому же качество рисунка из-за низкого разрешения затрудняет прочтение надписей на экранной форме. Зачем нужен на этой форме компонент интерфейса ComboBox1 - совершенно непонятно. Несколько странно выглядит и сочетание русскоязычного меню с остальными надписями на форме, сделанными на английском языке.

В заключении представлены основные результаты работы.

В приложениях приведены копии титульных листов трёх патентов на изобретение, копии акта внедрения и акта об использовании результатов работы, копии двух дипломов за доклады, представленные на научно-практических конференциях, схемы SPICE – моделей отдельных модулей созданного устройства вычислительной техники, а также листинги программ для программной реализации ГУН на микроконтроллере и на FPGA. По этой части работы из недостатков можно отметить использование в схемах SPICE - моделей условных графических обозначений резисторов не по стандартам Российской Федерации, хотя симулятор Multisim позволяет использовать отечественные стандарты. Кроме того, в схеме дифференциатора (рисунок Г.1) непонятно назначение резистора R1 на инвертирующем входе операционного усилителя и необоснованно большое значение сопротивления

резистора R4, ухудшающее его дифференцирующие свойства, что уже было отмечено ранее.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Автором в целом адекватно используются модели исследуемых процессов и математические методы и делаются корректные выводы на основе результатов исследований, полученных в ходе математического и имитационного моделирования и лабораторных испытаний макетного образца разработанного устройства. Достоверность сделанных автором выводов и рекомендаций подтверждается строгостью применения математических методов, а также проверкой непротиворечивости и адекватности результатов, полученных как на промежуточных, так и на окончательных этапах работы.

Пункты научной новизны, основные положения и выводы хорошо аргументированы, корректны, отражены в многочисленных публикациях автора, включая издания, рекомендованные ВАК РФ и индексируемых в мировых базах научного цитирования, в том числе в Scopus, а также подтверждаются как экспериментальными данными, так и обсуждением результатов работы на научных конференциях.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна заключается в развитии нового подхода к разработке устройств на основе средств вычислительной техники, предназначенных для контроля электронных устройств и регистрации протекающих в них процессов, в которых для уменьшения объема зарегистрированной информации используется сжатие данных. Суть этого подхода состоит в сочетании для сжатия данных аналоговых и цифровых методов их обработки, что позволяет повысить эффективность работы проектируемых программно-аппаратных средств инструментального контроля на базе современных микроконтроллеров и иных средств микропроцессорной техники.

Конкретно научную новизну диссертации составляют:

1. Предложенный автором способ минимизации информации, основанный на вычислении производной контролируемого параметра, которая служит информативным параметром для определения частоты дискретизации.
2. Реализующая предложенный метод структурная схема блока сжатия данных и устройства контроля в целом применительно к решению задачи анализа переходных процессов, возникающих в источниках вторичного питания электронных устройств.
3. Математическая модель описывающего переходный процесс сигнала и методика нахождения с ее применением минимально возможной частоты дискретизации регистрируемого переходного процесса для его последующего достоверного воспроизведения.
4. Имитационная модель устройства контроля, которая позволяет проводить анализ работы устройств, определять требуемую частоту генератора, управляемого напряжением, а также определять постоянную времени дифференцирования для восстановления контролируемого сигнала с заданной точностью с минимизацией объема сохраняемых данных

Значение выводов и рекомендаций для науки и практики

Разработанные в ходе исследований методы расчета и проектирования устройств контроля, использующих для регистрации контролируемых процессов сжатие данных, позволяют упростить процесс проектирования подобных устройств. В частности, большой научный и практический интерес представляет полученное автором соотношение, связывающее величину постоянной времени дифференцирующей цепи с длительностью фронтов контролируемого импульсного сигнала, а также исследования, позволяющие по значению верхней граничной частоты контролируемого сигнала найти критическую частоту ГУН, обеспечивающую минимально необходимый для достоверного воспроизведения сигнала объем памяти запоминающего устройства.

Положенный в основу работы подход к построению устройств контроля позволяет:

- осуществлять сжатие данных в режиме реального времени даже при использовании микроконтроллеров с ограниченными вычислительными ресурсами;
- минимизировать объем сохраняемых данных или, при использовании памяти фиксированного объема, увеличить число контролируемых параметров и/или сократить физический износ памяти.

Таким образом, выводы и результаты диссертационной работы, а также созданные автором в рамках проведенных научных исследований методы и конкретные технические решения образуют методическую и теоретическую базу для создания эффективных инструментальных вычислительных средств, которые могут использоваться при разработке систем управления, контроля и технической диагностики.

Практическую полезность работы подтверждает то, что результаты диссертационного исследования были внедрены в реальный сектор экономики и в учебный процесс НИ ТПУ.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Содержание автореферата полностью отражает текстовый материал диссертационной работы, полученные в ней научные результаты, основные выводы и приведенные рекомендации. При этом в нём сохранились и ряд ранее упомянутых недостатков самой работы, например, таких, как недостаточно наглядное представление результатов на рисунке 14б, номер которого оказался одинаковым как в автореферате, так и в диссертации.

Соответствие содержания автореферата и диссертации содержанию опубликованных работ

Основные результаты исследования опубликованы в печатных работах, которые включают 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи, проиндексированные в библиографической и реферативной базе данных SCOPUS. Имеется также 3 патента РФ на изобретение. Краткое знакомство с данными публикациями показало, что в них отражены все основные положения диссертации.

Соответствие темы диссертации заявленной научной специальности

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» по следующим пунктам:

- пункт 1 (Разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования элементов, схем и устройств вычислительной техники и систем управления), поскольку автором разработана методическая база для исследования и проектирования устройств для систем управления, контроля и диагностики, в которых используются элементы вычислительной техники;
- пункт 2 (Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик), так как в работе проведены теоретические и экспериментальные исследования функционирования и свойств устройств, разработанных на базе микроконтроллеров.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В работе практически полностью отсутствует информация об использованной при разработке и проведении исследований элементной базе, лабораторного оборудования, программного обеспечения, языков и сред программирования.
2. В работе нет сведений об используемом в устройствах контроля способе восстановления сигнала и способе записи временных отсчетов (или частот дискретизации) при неравномерной выборке отсчетов, а также необходимого для сохранения значений временных отсчетов дополнительного объема памяти.

3. Отсутствует обоснование выбора типа сигналов, для которых предложенное решение было бы максимально эффективным. Почему-то упор был сделан только на регистрацию переходных процессов источников питания в момент скачкообразного подключения к ним нагрузки.
4. Нет сравнения достигнутых в работе результатов по сжатию данных с традиционными алгоритмами сжатия информации, реализуемыми программными средствами, а также с другими устройствами аналогичного назначения.

Заключение по работе

Перечисленные замечания не носят принципиальный характер и не снижают в целом благоприятного впечатления о выполненных исследованиях и полученных в них научных и практических результатах, приведенных в работе выводах и рекомендациях

Диссертационная работа Асадчего Артёма Владимировича «Устройство контроля технических объектов с минимизацией объема сохраняемых данных» является завершённой научно-квалифицированной работой, выполненной на актуальную тему, в которой решена важная научно-техническая проблема анализа, синтеза и реализации создания устройств вычислительной техники на базе микроконтроллеров, предназначенных для использования в системах управления, контроля и технической диагностики, и отличающихся от известных решений улучшенными технико-экономическими и эксплуатационными характеристиками за счет применения в них предложенных диссертантом сочетания аналоговых и цифровых методов обработки сигналов.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа соответствует требованиям пп.9-14. Положения о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., (в ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335, от 02.08.2016 г. № 784, от 29.05.2017 г. № 650, от 28.08.2017 г. №1024, от 01.10.2018 г. № 1168) предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Асадчий Артём Владимирович заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Официальный оппонент, заведующий кафедрой информатики, вычислительной техники и информационной безопасности, зав. лабораторией информационно-измерительных систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова», д.т.н., профессор

Якунин Алексей Григорьевич:
656038, Барнаул, проспект Ленина, 46,
АлтГТУ, ФИТ, каф. ИВТ и ИБ
Телефон +7(3852) 290-786
e-mail: almpas@list.ru


А.Г. Якунин
28.10.2021г.



Подпись завершено
