

задержек, искажений или потерь данных, что снижает надежность управления и может приводить к рискам нарушения устойчивости работы энергосистемы.

Несмотря на очевидную значимость данной проблемы, существующие методические подходы к проектированию и эксплуатации ССОИ сосредоточены преимущественно на функциональных характеристиках отдельных модулей или на общесистемных показателях надежности. При этом вопросы оценки и анализа эффективности именно процессов межмодульного взаимодействия остаются недостаточно проработанными. Отсутствие формализованных методов оценки приводит к тому, что на практике при проектировании ССОИ зачастую невозможно объективно определить слабые звенья информационного обмена, провести сравнительный анализ различных архитектурных решений или обосновать выбор оптимальной конфигурации ССОИ.

В связи с этим становится очевидной необходимость разработки научно обоснованных методов и моделей, позволяющих комплексно оценивать эффективность межмодульного взаимодействия в ССОИ. Создание формализованных средств оценки эффективности не только позволит повысить надежность и быстродействие функционирования ССОИ, но и станет основой для совершенствования инженерных решений при проектировании, модернизации и эксплуатации оборудования ПС.

Таким образом, диссертационное исследование Муженко Александра Сергеевича, направленное на разработку методов и моделей оценки эффективности процессов межмодульного взаимодействия в системах сбора и обработки информации электрических подстанций, представляется актуальной и востребованной научно-технической задачей, решение которой имеет как теоретическую, так и прикладную значимость для дальнейшего развития электроэнергетической инфраструктуры Российской Федерации.

Актуальность темы диссертации подтверждается её соответствием приоритетному направлению научно-технологического развития «Высокоэффективная и ресурсосберегающая энергетика» и перечню важнейших наукоемких технологий (раздел критических технологий «Технологии создания высокоэффективных систем генерации, распределения и хранения энергии (в том числе атомной)»), утверждённых Указом Президента РФ от 18 июня 2024 г. № 529.

Научная новизна результатов исследований заключается в следующем:

1. Разработано формализованное описание модульной ССОИ на базе интерфейса *CAN FD*, отличающееся явным представлением межмодульных

информационных связей и предотвращающее возможность возникновения основных ошибок конфигурирования системы.

2. Разработан метод оценки времени передачи сообщений *CAN FD*, формируемых в процессе функционирования модулей ССОИ, отличающийся тем, что он позволяет определить верхнюю, нижнюю и среднюю оценки времени передачи с учетом структуры сообщений, и обеспечивающий более высокую точность оценки по сравнению с известными методами.

3. Разработаны усовершенствованные вероятностные метод и модель для предварительной оценки параметров межмодульного взаимодействия в ССОИ, построенных на базе интерфейса *CAN FD* и протокола *CANopen FD*, отличающиеся использованием информации о вероятности изменения контролируемых сигналов и позволяющие оперативно оценить зависимость критически важных параметров межмодульного взаимодействия от конфигурации конкретной системы.

4. Разработана имитационная модель для детального исследования процессов межмодульного взаимодействия в ССОИ, построенных на базе интерфейса *CAN FD* и протокола *CANopen FD*, отличающаяся тем, что на основе обобщенного описания системы формирует параметры конфигурации входящих в неё модулей и путём имитационного моделирования позволяет с высокой точностью оценить основные параметры процессов межмодульного взаимодействия.

Важным свойством разработанных методов и моделей является универсальность, обеспечивающая возможность их использования для конфигурирования и оценки параметров не только ССОИ ПС, но и других модульных систем.

Новизна перечисленных положений подтверждена двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Соответствие специальности. Тема и содержание работы соответствует отрасли технических наук и паспорту научной специальности 2.3.1. - Системный анализ, управление и обработка информации, статистика:

п. 3 «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»;

п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»;

п. 11 «Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества, надежности функционирования сложных систем управления и их элементов»;

п. 12 «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации».

п. 15 «Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик».

Значимость полученных результатов для науки и практики

Научная значимость результатов диссертационного исследования заключается в создании новых методов и моделей, обеспечивающих повышение эффективности, надежности и качества функционирования модульных ССОИ, сокращающих сроки разработки указанных систем, а также существенно снижающих вероятность возникновения ошибок на самых ранних этапах проектирования.

Практическая значимость разработанных методов, моделей и программного обеспечения заключается в заметном повышении точности оценки времени передачи сообщений по шине *CAN FD*, более точном представлении о межмодульном взаимодействии в ССОИ. В частности, разработанный метод оценки времени передачи сообщений по шине *CAN FD* исключает погрешность оценки, связанную с добавлением дополнительных битов, тогда как у известных методов она достигает 18 %. Вероятностный метод позволяет оценить основные параметры межмодульного взаимодействия и задает критерии эффективности функционирования ССОИ. Разработанные вероятностная и имитационная модель позволяют времени оценить и детального изучить процессы межмодульного взаимодействия, исключить основные ошибки конфигурирования модульных систем, что положительно влияет на экономические затраты на разработку, отладку и внедрение таких систем на энергетических объектах Российской Федерации.

Практическая значимость подтверждается использованием результатов работы при проектировании универсального контроллера присоединения в ООО «СКБ Электронного приборостроения» (г. Черноголовка), а также внедрением отдельных результатов в учебный процесс ЮРГПУ (НПИ).

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации. Результаты и выводы, полученные в диссертации Муженко А.С., в силу их универсальности могут использоваться проектными и

научно-исследовательскими организациями, занимающимися разработкой и исследованием как систем сбора и обработки информации для электрических подстанций РФ, так и иных модульных информационно-измерительных и управляющих систем, функционирующих на основе шинного интерфейса *CAN FD* и протокола *CANopen FD*.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждается:

- корректным применением математического аппарата, корректностью допущений, принимаемых при компьютерном моделировании;
- соответствием теоретических выводов результатам компьютерного моделирования и физических экспериментов;
- использованием лицензионных программных средств *Microsoft Visual Studio*, *Matlab*.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно изложены в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК (5 публикаций). Всего по теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Содержание и оформление диссертации и автореферата.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и приложений. Она содержит 156 страниц основного текста, 46 рисунков, 9 таблиц, список литературы из 95 наименований и 5 приложений на 29 страницах. Изложенные сведения в достаточной степени описывают новые научные положения, выдвигаемые автором для защиты.

Приведённые результаты научных исследований, выполненных соискателем лично и/или в соавторстве, сопровождаются ссылками на соответствующие публикации. При использовании результатов исследований других авторов сделаны корректные ссылки на источники заимствований.

Автореферат составлен по материалам диссертации и в полной мере отражает её содержание, положения и выводы. Структура, оформление диссертации и автореферата соответствуют ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. В параграфе 2.3 автор утверждает, что для решения поставленных задач наилучшим образом подходит интерфейс *CAN FD*, однако обоснование этого не приводится. Более того, выбор протокола *CANopen FD* автором никак не обосновывается, сравнительный анализ с другими протоколами отсутствует.

2. При разработке метода оценки времени доставки сообщений (параграф 3.1) из трёх существующих типов сообщений *CAN FD* рассмотрен только один: *Data Frame*, на том основании, что в правильно спроектированной системе сообщения *Error Frame* и *Overload Frame* возникают редко. Стоило бы выполнить оценку степени влияния сообщений этих типов, в случае их возникновения, на коммуникационные процессы в ССОИ.

3. В параграфе 3.2 утверждается, что вероятностная модель строилась на основе экспоненциального распределения, далее выполнена проверка адекватности модели, однако в явном виде не проведён анализ её чувствительности к изменениям параметров и типа распределения, что ограничивает её достоверность.

4. Проверка адекватности разработанных моделей (параграф 3.4) выполнялась с использованием *t*-критерия Стьюдента и *F*-критерия Фишера, однако непонятно, почему в дополнение к вышеперечисленным методам не был использован широко применимый критерий Колмогорова-Смирнова.

5. Отсутствует расшифровка некоторых сокращений, указанных на рисунках. Так, на рисунке 3.2 указаны поля *SOF*, *r1*, *EDL* и т.д., в параграфах 3.1.1-3.1.2 приведен их размер, но нет расшифровки названий и не пояснено их предназначение; на рисунке 3.6 упомянута служба КНИМ, но далее по тексту она не описывается.

6. Расположение номеров страниц автореферата не соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Приведенные замечания не снижают ценности выполненных исследований и полученных результатов; они могут быть использованы автором при продолжении работы.


Заключение

Диссертация Муженко Александра Сергеевича на тему «Методы и модели оценки эффективности процессов межмодульного взаимодействия в системах сбора и обработки информации электрических подстанций» является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения и разработки по повышению эффективности, надёжности и качества функционирования модульных ССОИ, что имеет существенное значение для обеспечения безопасности, повышения экономической эффективности основного оборудования электрических подстанций в энергетической отрасли страны.

Считаем, что диссертация соответствует критериям п.п. 9...11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а её автор Муженко Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Диссертация Муженко Александра Сергеевича на тему «Методы и модели оценки эффективности процессов межмодульного взаимодействия в системах сбора и обработки информации электрических подстанций» обсуждена и настоящий отзыв утверждён на заседании кафедры «Информатика и вычислительная техника» (протокол № 2 от 15 сентября 2025 г.), на котором присутствовали 25 научно-педагогических работников, проголосовавших единогласно за утверждение текста настоящего отзыва.

Отзыв составил:

Профессор кафедры «Информатика и вычислительная техника»
д.т.н., профессор Орлов Сергей Павлович 
специальность защиты докторской диссертации 2.2.11 – Информационно-измерительные и управляющие системы

Заведующий кафедрой
«Информатика и вычислительная техника»
кандидат химических наук, доцент

 Чуваков Александр Владимирович

Подпись Орлова Сергея Павловича и Чувакова Александра Владимировича
заверяю

Ученый секретарь СамГТУ, д.т.н.

 Малиновская Ю.А.

«22» сентября 2025 г.

Почтовый адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»
Сайт организации: <https://samgtu.ru>
Телефон: 8 (846) 278-43-11
e-mail: rector@samgtu.ru