

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Муженко Александра Сергеевича «Методы и модели оценки эффективности процессов межмодульного взаимодействия в системах сбора и обработки информации электрических подстанций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы диссертации

В диссертации Муженко Александра Сергеевича поднимается вопрос повышения эффективности функционирования систем сбора и обработки информации (ССОИ) электрических подстанций (ПС), большая часть из которых является модульными системами. К таким системам предъявляются высокие требования, касающиеся надежности и эффективности их функционирования, т.к. в случае несоответствия этим требованиям существенно возрастает риск нарушения устойчивости Единой Энергетической Системы РФ.

Многообразие конструкций ПС делает целесообразными разработку и внедрение модульных ССОИ, легко адаптируемых к конкретным условиям эксплуатации за счет использования необходимого количества измерительных и управляющих модулей, а это, в свою очередь, создаёт необходимость разработки средств оценки параметров межмодульного взаимодействия, чтобы обеспечить надежную и безотказную работу модульной системы в необходимой конфигурации.

Задача оценки качества межмодульного взаимодействия и повышения его эффективности в каждой конкретной конфигурации ПС возникает на самых ранних этапах проектирования ССОИ, и от полноты её решения зависит успех всей разработки в целом. Таким образом, создание методов и моделей оценки эффективности процессов межмодульного взаимодействия в ССОИ ПС является важной и актуальной задачей.

Анализ содержания диссертации

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы из 95 наименований и пять приложений. Общий объём диссертации – 185 страниц, в том числе 156 страниц основного текста. Работа обладает внутренним единством, материал представлен чётко, с соблюдением логической последовательности изложения.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту,

даны сведения о структуре работы, апробации и реализации научных результатов.

В первой главе автором выполнен анализ ПС, сделан вывод о том, что они являются сложными техническими объектами с большим количеством нуждающихся в контроле и управлении элементов. В рамках данного анализа рассмотрено основное технологическое оборудование ПС, определены задачи контроля и управления этим оборудованием. Описаны функции и задачи, типовые структуры, архитектуры построения и оборудование автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП) ПС, рассмотрены основные структуры информационного взаимодействия в АСУТП ПС. В ходе анализа структурных схем и информационных связей было выявлено, что контроллер присоединения (КП) является одним из ключевых элементов АСУТП ПС и представляет из себя ССОИ ПС; сформулированы основные нормативные и дополнительные требования к таким системам. Описаны решаемые ССОИ ПС критически важные задачи. На основе анализа типовых схем ПС обоснована целесообразность использования модульной структуры ССОИ.

Сформулированы задачи диссертационного исследования: 1) разработка номенклатуры модулей ССОИ ПС и выбор интерфейса межмодульного взаимодействия; 2) разработка средств описания модульных ССОИ; 3) создание методов и моделей для оценки параметров межмодульного информационного взаимодействия.

Во второй главе, исходя из конструктивных особенностей ССОИ ПС, разработана номенклатура модулей, обеспечивающая адаптацию системы к различным типовым схемам ПС. Предложено использование в качестве сети передачи данных (СПД) интерфейса *CAN FD*, обеспечивающего достаточное быстродействие и надежность информационного обмена модулей в ССОИ ПС при невысокой стоимости реализации. Выполнен анализ информационных потоков в ССОИ, предложено использование сетевого протокола общего назначения *CANopen FD*, предназначенного для организации взаимодействия большого числа модулей в системах реального времени. Выявлены особенности взаимодействия устройств в сети *CANopen FD* и проблемы, возникающие при описании ССОИ с использованием стандартного метода, предоставляемого используемым протоколом. Для решения выявленных проблем создан метод описания ССОИ, рассматривающий систему как совокупность модулей, взаимодействующих по СПД путём обмена сообщениями. С использованием метода разработана схема *XML*-описания ССОИ, обеспечивающая автоматическое выявление основных ошибок и потенциальных проблем настройки межмодульного взаимодействия.

В третьей главе разработаны методы и модели, позволяющие на самых ранних этапах проектирования модульных систем оценить параметры

взаимодействия модулей по СПД с разной степенью детализации и разными временными затратами. Показано, что при проектировании модульных систем одним из важнейших факторов, влияющих на возможность корректного функционирования таких систем, является нагрузка СПД; для оценки нагрузки СПД был разработан метод оценки времени передачи сообщений по шине *CAN FD*. Отличительной особенностью данного метода является более точная оценка времени, обусловленная учетом всех дополнительных битов, автоматически вставляемых в сообщение, которые, в свою очередь, могут существенно влиять на суммарное время передачи сообщения. С использованием данного метода были разработаны вероятностные метод и модель для оперативной оценки критически важных параметров межмодульного взаимодействия. При разработке вероятностного метода ССОИ рассматривалась как система массового обслуживания с неоднородным потоком сообщений. Для детальной оценки параметров межмодульного взаимодействия в ССОИ разработана имитационная модель, показана её структура, функциональные блоки и пользовательский интерфейс. Адекватность разработанных вероятностной и имитационной моделей подтверждена с помощью критериев Стюдента и критерия Фишера с использованием данных, полученных от моделей и натурального эксперимента.

В четвёртой главе показаны результаты применения разработанных методов и моделей в задачах, возникающих при проектировании таких модульных систем, как ССОИ ПС 10-110кВ, сеть устройств управления дугогасящими реакторами, регистратор событий. На основании полученных результатов были сделаны выводы о возможности нормального функционирования исследованных ССОИ в заданной конфигурации, а также даны рекомендации по изменению параметров межмодульного взаимодействия с целью улучшения технических характеристик этих систем. Стоит отметить, что выполнить подобную оценку без использования созданных автором методов и моделей было бы весьма затруднительно.

Помимо рекомендаций по улучшению технических характеристик ССОИ ПС, автором были разработаны функциональные схемы основных модулей ввода/вывода: модуля дискретного ввода, модуля дискретного вывода, модуля аналогового ввода.

Научные результаты работы и их новизна

1. Разработан метод описания модульной ССОИ на базе интерфейса *CAN FD*, позволяющий перейти от несвязанного набора описаний отдельных модулей к исчерпывающему и непротиворечивому описанию всей системы в целом. Метод отличается явным представлением межмодульных информационных связей, что позволяет предотвратить возможность возникновения основных ошибок конфигурирования системы.

2. Разработан метод оценки времени передачи сообщений по интерфейсу *CAN FD* при организации взаимодействия модулей ССОИ. Метод отличается учетом специфических особенностей канального уровня интерфейса, в частности, возможности автоматической вставки дополнительных синхронизирующих битов, влияющих на общее время передачи сообщения.

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

4. Разработана имитационная модель ССОИ на базе интерфейса *CAN FD* и протокола *CANopen FD*, позволяющая выполнить детальный анализ процессов межмодульного взаимодействия в системе и скорректировать коммуникационные параметры модулей. Модель отличается применением обобщенного описания системы при формировании параметров конфигурации входящих в ее состав модулей.

Следует отметить универсальность разработанных методов и моделей, позволяющую использовать их для повышения эффективности функционирования не только ССОИ ПС, но и других модульных систем.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций сформулированных в диссертации

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждается обоснованностью принятых допущений, корректным применением математического аппарата при получении аналитических выражений. Теоретические выводы автора подтверждаются результатами компьютерного моделирования и физических экспериментов. Апробация работы проведена на четырёх международных конференциях.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 13 печатных работах, в том числе 5 – в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендуемых Минобрнауки России. По результатам исследований получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Соответствие научной специальности

Диссертация соответствует технической отрасли науки паспорта научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика по направлениям исследований 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» и п.15 «Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик».

Практическое использование результатов диссертационной работы

Использование разработанных методов и моделей позволяет повысить эффективность, надёжность и качество функционирования ССОИ ПС за счет уменьшения сроков проектирования и исключения ошибок при формировании внутрисистемных информационных связей и, как следствие, обеспечить безопасную и экономически эффективную эксплуатацию ПС.

Практическая значимость полученных результатов подтверждается их использованием в ООО «СКБ Электронного приборостроения» (г. Черноголовка) при проектировании универсального КП, внедрением в учебный процесс Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (г. Новочеркасск).

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для использования научно-исследовательским, проектным и производственным предприятиям, занимающимся исследованиями и проектированием систем сбора и обработки информации электрических подстанций, а также иных модульных информационно-измерительных и управляющих систем и устройств.

Замечания по диссертационной работе

Следует отметить, что разработанные в диссертации вероятностная и имитационная модели в значительной мере опираются на такие параметры, как среднее время передачи сообщений и нагрузка СПД, однако в реальных условиях функционирования ССОИ ПС на процессы межмодульного взаимодействия существенное влияние оказывают и иные факторы: особенности реализации используемых библиотек и драйверов протокола *CANopen FD*, качество физической линии связи. Данные факторы в работе не рассмотрены, что в определённой мере ограничивает применимость разработанных моделей к широкому спектру эксплуатационных условий и вариантов реализации ССОИ.

В параграфе 4.1 диссертации автором продемонстрировано использование разработанной вероятностной модели для оценки и повышения эффективности межмодульного взаимодействия в КП ПС 10-110 кВ определённой конфигурации. При этом неясно, почему выбрана именно эта конфигурация и сохраняется ли адекватность и вычислительная эффективность предложенных решений при увеличении количества узлов системы и росте нагрузки на шину *CAN FD*. Стоило бы выполнить исследование для иных конфигураций КП ПС с большим и меньшим числом узлов.

Разработанное автором программное обеспечение представляет практическую ценность и демонстрирует возможность реализации предложенных методов и моделей. Однако в диссертации отсутствует сравнительный анализ данного обеспечения с существующими аналогами, в том числе коммерческими пакетами для анализа и моделирования сетей реального времени, такими как *CANoe*, *CANalyzer*, *CANopen FD tools*. Такое сравнение могло бы существенно повысить убедительность обоснования практической значимости работы, поскольку позволило бы продемонстрировать конкурентные преимущества или выявить ограничения предложенного решения.

Автор в своей работе подробно исследовал временные характеристики межмодульного взаимодействия и предложил методы их количественной оценки. Вместе с тем, в современных условиях особую актуальность приобретают аспекты обеспечения информационной безопасности и защиты ССОИ от таких угроз, как несанкционированный доступ к модулям системы через уязвимости в стеке протоколов (например, *CANopen FD* не имеет встроенных средств аутентификации), внедрение ложных сообщений (*spoofing*) в шину *CAN FD*. Представляется, что дальнейшее развитие исследований могло бы быть направлено на учет дополнительных факторов, таких как воздействие киберугроз и возможные сбои аппаратных или программных компонентов. Выполнение подобного анализа в перспективных исследованиях позволило бы повысить теоретическую и практическую значимость разработанных методов.

Перечисленные недостатки не имеют принципиального значения и не снижают положительного впечатления от работы.

Заключение

Считаю, что задачи, поставленные в рамках сформулированной темы, успешно решены. Это позволяет сделать вывод о том, что диссертация Муженко Александра Сергеевича «Методы и модели оценки эффективности процессов межмодульного взаимодействия в системах сбора и обработки информации электрических подстанций» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по повышению эффективности

функционирования ССОИ ПС, что имеет существенное значение для обеспечения безопасности и надежности функционирования ПС, а также для развития информационных технологий в электроэнергетической отрасли страны.

Предложенные автором диссертации научные и технические решения в достаточной степени аргументированы, их преимущества при проектировании современных ССОИ подтверждаются востребованностью на профильных предприятиях.

Диссертация соответствует критериям, сформулированным в 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.

Выражаю своё согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

Доктор технических наук,
профессор кафедры «Вычислительная техника»,
ведущий научный сотрудник научно-
исследовательского института робототехники
и процессов управления ФГАОУ ВО «Южный
федеральный университет»

Мельник Эдуард Всеволодович

Диссертация на соискание степени доктора технических наук защищена по специальностям:

05.13.11 – Математическое и программное обеспечение ЭВМ, комплексов, систем и сетей

05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Подпись Мельника Эдуарда Всеволодовича заверяю

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись

ЗАВЕРЕНО:

Начальник сектора

Острогов

02 10

