

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Нгуен Ле Зуя «Модели устройств защитного отключения в автоматизированных системах предотвращения пожаров электрооборудования промышленных предприятий Вьетнама», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

Диссертация посвящена разработке моделей устройств защитного отключения в автоматизированных системах предотвращения пожаров электрооборудования промышленных предприятий Вьетнама на основе создания автоматизированных систем предотвращения пожаров при обнаружении и контроле токов утечки в электрооборудовании с использованием теоретико-автоматных и вероятностных моделей устройств защитного отключения. Результаты работы становятся все более востребованными в связи с ростом числа пожаров электрооборудования на предприятиях Вьетнама, во многом обусловленных развитием экономики, с увеличением потребления электрической энергии, растущей урбанизацией, ростом количества промышленных предприятий.

Необходимо согласиться с диссертантом, что важной задачей для повышения уровня пожарной безопасности промышленных предприятий Вьетнама является создание автоматизированных систем предотвращения пожаров при обнаружении и контроле токов утечки в электрооборудовании с использованием теоретико-автоматных и вероятностных моделей устройств защитного отключения.

Актуальность работы вызвана необходимостью разработки и совершенствования автоматизированных систем предотвращения пожаров в составе автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности, применяемых для защиты промышленных объектов, в состав которых входят электрические установки. В современных условиях анализ статистики пожаров показал, что доля пожаров от электрических изделий составляет более 60 % от общего количества пожаров на промышленных объектах. В связи со сказанным тема диссертационной работы является весьма актуальной.

Целью исследования является повышение уровня пожарной безопасности промышленных объектов Вьетнама на основе создания автоматизированных систем предотвращения пожаров при обнаружении и контроле токов утечки в электрооборудовании с использованием теоретико-автоматных и вероятностных моделей устройств защитного отключения.

Структура диссертационной работы соответствует ее содержанию. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 3 приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 186 страниц. Работа иллюстрирована 54 рисунками и содержит 23 таблицы. Библиографический список включает в себя 106 наименований источников

1 Вх ✓ 6/64 от 18.10.2021

литературы.

Во введении обоснована актуальность проблемы, определены объект, предмет, цель и задачи исследования, сформулированы научная новизна и положения, выносимые на защиту, указаны теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении и апробации результатов.

Исходя из поставленной цели исследования, соискатель сформулировал его задачи. Достижение цели диссертации потребовало решения следующих задач:

1. Провести комплексный анализ пожарной опасности промышленных предприятий Вьетнама. Определить методы контроля за пожароопасными ситуациями в электрических сетях промышленных объектов.

2. Разработать модели конечных автоматов и вероятностные модели для устройств защитного отключения (УЗО) в составе автоматизированных систем предотвращения пожаров электрооборудования на промышленных предприятиях Вьетнама.

3. Разработать обобщенную структуру и алгоритмы работы функциональных подсистем АСУТП на промышленных предприятиях Вьетнама с использованием автоматных и вероятностных моделей устройств защитного отключения.

4. Разработать алгоритм синтеза автоматных моделей устройств защитного отключения, позволяющий строить УЗО в реальном режиме функционирования.

Теоретическая значимость исследований Нгуен Ле Зуя заключается в развитии научных представлений о методах математического описания и алгоритмов работы устройств защитного отключения, которые можно реализовать с использованием современной вычислительной техники для реализации автоматизированной системы предотвращения пожаров в электрооборудовании на промышленных объектах.

Научная новизна диссертационной работы Нгуен Ле Зуя заключается в следующем:

– разработана и теоретически обоснована полная система конечных автоматов для построения математических моделей устройств защитного отключения, построены модели конечных автоматов для УЗО, а также модели для полной системы функциональных частей УЗО;

– разработаны модели и алгоритмы подсистемы предотвращения пожаров в автоматизированных системах пожаровзрывобезопасности на промышленных предприятиях Вьетнама при обнаружении токов утечки с использованием автоматных и вероятностных моделей;

– получены математические зависимости расчета времени наработки на отказ устройств защитного отключения электросетей промышленного объекта;

– разработан алгоритм оценки работоспособного состояния автоматизированной системы предотвращения пожаров при обнаружении токов утечки в электрооборудовании с учетом надежности системы.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов на этапе проектирования автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности промышленных объектов и технической реализации автоматизированной системы предотвращения пожаров на этих объектах при обнаружении и контроле токов утечки в электрооборудовании, в возможности предлагаемой системы предоставлять лицу, принимающему решение, необходимую и достаточную информацию о состоянии электрических аппаратов защиты электросети промышленного объекта.

**В первой главе «Анализ современного состояния пожарной безопасности электрооборудования промышленных объектов Вьетнама»** рассматривается состояние электрооборудования промышленных предприятий Вьетнама. Проведен анализ состояния пожарной опасности электрооборудования за период с 2009 по 2020 гг. Выявлено, что число пожаров от электрооборудования составляет более 30 % от общего числа пожаров, а число пожаров от электрооборудования на промышленных объектах составляет более 60 % от общего числа пожаров на промышленных объектах Вьетнама. Среднестатистическим анализом установлено, что одной из ведущих электротехнических причин данных пожаров является несработка автоматических выключателей, устройств защитного отключения.

Проанализированы устройства защитного отключения как средство защиты электрических сетей объектов промышленных предприятий Вьетнама. Установлено, что данные устройства с момента их монтажа практически не обслуживаются и не подлежат замене согласно установленной наработке на отказ заводом-изготовителем.

Проведен анализ методов оценки пожарной опасности электрооборудования, эффективности различных типов защиты при аномальных или предаварийных режимах работы электродвигателей. Выявлена единая классификация устройств защитного отключения. Приведены предпосылки применения теоретико-автоматной модели устройств защитного отключения в автоматизированных системах противопожарной защиты электрооборудования промышленных предприятий.

**Во второй главе «Модели конечных автоматов для устройств защитного отключения в автоматизированных системах противопожарной защиты электрооборудования»** определены внешние связи устройств защитного отключения в системах защиты и пожарной безопасности электроустановок промышленных объектов. Предложен функциональный подход для электроустановок напряжением до 1кВ, который заключается в исследовании реализуемых объектом функций без учета его

внутренней структуры. При этом подходе выявляются внешние связи объекта и соответствующие им входные и выходные переменные, определяется характер обработки входной информации и находятся функциональные зависимости, реализуемые объектом.

На основе теоретико-автоматной модели функционирования устройств защитного отключения определена полная система элементарных автоматов для построения логических сетей. Математическая модель объекта представляет собой композицию моделей.

Построен граф переходов автомата для теплового расцепителя и граф переходов автомата для минимального расцепителя, что также математически позволило построить логическую сеть автомата устройства защитного отключения.

**В третьей главе «Вероятностные модели оценки работоспособности устройств защитного отключения в автоматизированных системах предотвращения пожаров»** описано событие возникновения аварии «пожар от электрооборудования» на основе вероятностной модели функции возникновения главного события. Функция представляет собой дерево событий (отказов) и рассматривается как сценарий развития ситуации, в результате которого возможно возникновение неблагоприятного события.

Предложена матрица «вероятность – тяжесть последствий», включающая в себя частоту возникновения отказов УЗО на основе статистических данных по надежности электрических аппаратов защиты электросетей от токов утечки. Предложено разграничение тяжести последствий при различных значениях частот возникновения отказов УЗО.

Предложена редукция дерева событий. Рассмотрена последовательность событий, которые приводят к аварийному событию в системе противопожарной защиты электрооборудования промышленного объекта. Определен коэффициент готовности автоматизированной системы предотвращения пожаров от электрооборудования.

**В четвертой главе «Реализация подсистем автоматизированной системы предотвращения пожаров на промышленных предприятиях при обнаружении токов утечки в электрооборудовании»** предложена блок-схема алгоритма анализа пожарных, аварийных и нештатных ситуаций на промышленном объекте. Исходя из предложенной блок-схемы разработан алгоритм функционирования автоматизированной системы предотвращения пожаров и аварийных ситуаций в электрооборудовании. Предложенный алгоритм позволяет оценить поступающую текущую ситуацию, классифицировать ее и выбрать управляющее воздействие по ее разрешению, тем самым значительно снизить вероятность возникновения пожаров, аварий и аварийных ситуаций в электрооборудовании.

На основании данных о частотах отказов УЗО, используя распределение Пуассона, предложена архитектура реализованной АСУТП электрооборудования (АСУТП ЭО) промышленного объекта. Разработан

алгоритм работы АСУ комплексом оборудования диагностики УЗО в составе АСУТП ЭО.

Предложен подход к применению дифференциального трансформатора тока утечки в составе автоматизированной системы предотвращения аварийной ситуации, вызванной токами утечки. Разработан алгоритм функционирования автоматизированной системы предотвращения аварийной ситуации, вызванной токами утечки. Предложенный подход позволяет оценивать эффективность проведения профилактических мероприятий, прогнозировать деятельность системы управления пожарной безопасностью промышленных объектов, выработать определенные требования к ее деятельности для поддержания необходимого показателя эффективности.

Предложена система взаимосвязанных показателей и критериев эффективности многоуровневого синтеза моделей объектов мониторинга. Система показателей включает показатели эффективности обработки контента информационных потоков, поступающих от наблюдаемых объектов (УЗО), показатели эффективности синтеза моделей объектов мониторинга, а также процессов и программ мониторинга. На верхнем уровне определяются показатели эффективности решения прикладных задач, среди которых число одновременно наблюдаемых объектов, число успешно решаемых задач, точность и достоверность формируемых результатов, время, затрачиваемое на их получение, объем расходуемых ресурсов. Ключевыми показателями многоуровневого синтеза автоматных моделей выступают полнота синтезируемых моделей и вычислительная сложность их синтеза.

Разработаны модели объектов мониторинга. Модели объектов предложено описывать в дискретных пространствах их состояний в виде конечных операционных автоматов устройств защитного отключения.

Разработан обобщенный алгоритм многоуровневого синтеза моделей устройств защитного отключения. Алгоритм определяет основные шаги, выполнение которых позволяет синтезировать модели объектов в соответствии с поставленными целями синтеза и заданными критериями эффективности. Предложенный алгоритм определяет основные шаги, выполнение которых позволяет синтезировать модели УЗО в соответствии с поставленными целями синтеза и заданными критериями эффективности. Предложенный подход позволяет определить состояние УЗО, прогнозировать его состояние в составе автоматизированной системы предотвращения аварийной ситуации, вызванной токами утечки.

**В заключении** приведены основные выводы, полученные в ходе исследования. Приложения к диссертации включают в себя физические и теоретические основы работы безбалансных дифференциальных трансформаторов тока, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и акты внедрения результатов исследования.

Ценность научных результатов диссертационного исследования Нгуен Ле Зуя для науки и практики заключается в том, что разработанные

соискателем модели устройства защитного отключения совершенствуют научные подходы к решению задач по предотвращению пожаров на промышленных предприятиях Вьетнама.

Структура диссертации и автореферата соответствует логике достижения цели. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки России. Автореферат достаточно полно отражает основное содержание и выводы диссертации. Полученные автором результаты обладают практической значимостью, что подтверждено актами внедрения.

Достоверность результатов обеспечивается четким планированием исследовательского процесса, выбором цели и задач диссертационной работы, математических методов и моделей, применением методов статистической обработки данных, теории вероятностей и случайных процессов; методов теории конечных автоматов, алгебры логики, моделирования и оптимизации АСУ, теории надежности. По теме диссертации соискателем опубликовано 11 работ, в том числе 3 работы в рецензируемых изданиях, включенных в Перечень ВАК России.

В качестве замечаний по диссертационной работе Нгуен Ле Зуя необходимо отметить следующее:

1. В первой главе диссертации в части, касающейся анализа пожарной опасности электрооборудования, текст перегружен изложением известных и общедоступных материалов.

2. Имеются неточности и опечатки в оформлении работы.

3. Не совсем понятно, где должны располагаться контроллер токов утечки и устройство предотвращения пожара, входящие в состав автоматизированной системы предотвращения возгорания электрооборудования на промышленных объектах.

4. В главе 4 диссертационной работы (стр. 142, рисунок 4.8) фразы «Синтезированные модели удовлетворяют требованиям» и «Задача синтеза решена» должны быть включены в параллелограммы.

5. В диссертационной работе Нгуен Ле Зуя не дает перечень показателей и данных, используемых для определения текущей ситуации системы.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Нгуен Ле Зуя, ее научную ценность и практическую значимость.

Таким образом, диссертационная работа Нгуен Ле Зуя, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки) соответствует критериям, установленным положением о присуждении учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации, а ее автор, Нгуен Ле

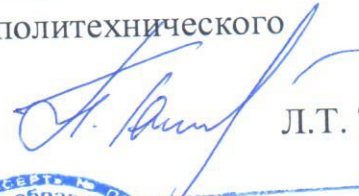
Зуй, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой «Пожарная безопасность»

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого»

доктор технических наук, профессор



Л.Т. Танклевский

«05» 10 2021 г.



УДОСТОВЕРЯЮ  
личей специалист  
адрам  
10 2021



Подпись Танклевского Леонида Тимофеевича заверяю

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого"

Адрес: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Тел.: + 8 (800) 707-18-99

Сайт: <https://www.spbstu.ru/>

Электронная почта: [office@spbstu.ru](mailto:office@spbstu.ru)