

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника ФГБОУ ВО  
Санкт-Петербургский университет  
ГПС МЧС России по научной работе  
доктор технических наук, доцент

О.А. Зыбина

«06» октября 2021 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Нгуен Ле Зуя по теме

«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)

### 1. Общая характеристика диссертации

Представленная диссертационная работа Нгуен Ле Зуя состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и 3 приложений. Диссертация подготовлена на кафедре информационных технологий учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» и направлена на решение актуальной практической задачи – повышение уровня пожарной безопасности промышленных объектов Вьетнама.

### 2. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы исследования заключается в том, в современных условиях одной из самых масштабных причин возникновения пожаров является неудовлетворительное состояние электрических сетей. Анализ

статистики пожаров во Вьетнаме показал, что доля таких пожаров составляет 60 % от общего количества пожаров на промышленных объектах.

Как показывает анализ одной из самых острых экономических проблем, связанных с электрооборудованием промышленных объектов, является неудовлетворительное техническое состояние сетей и низкий уровень надежности их эксплуатации. Дальнейший анализ причин возгорания показывает, что применяемые средства защиты от пожароопасных режимов не всегда способны в полном объеме выполнять возложенные на них функции.

Автоматизированные системы предотвращения пожаров в составе АСУТП применяются для защиты многих объектов, в состав которых входят электрические установки. В настоящее время развитие устройств защитного отключения (УЗО) повышает требования к их массе, габаритным размерам, быстродействию, надежности, универсальности.

### **3. Анализ соответствия диссертации паспорту специальности**

Объект исследования – автоматизированные системы предотвращения пожаров на промышленных объектах Вьетнама, вызванных токами утечки в электрооборудовании, а предмет исследования – теоретико-автоматные и вероятностные модели устройств защитного отключения в автоматизированных системах предотвращения пожаров электрооборудования.

Диссертация соответствует Положению о порядке присуждения ученых степеней ВАК России и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

### **4. Теоретическая и практическая значимость диссертации**

Теоретическая ценность научных результатов 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.

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. На основании предложенной модели и алгоритмов система позволяет помимо прогнозирования отказов электрических аппаратов защиты электросети выдавать решения по текущему ремонту и обслуживанию автоматизированной системы предотвращения пожаров, вызванных токами утечки и короткого замыкания.

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.

### **5. Анализ публикаций и личного участия автора**

По теме диссертации опубликовано 11 работ, в том числе 3 работы опубликованы в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России, опубликована 1 монография, получены 2 свидетельства Роспатента о государственной регистрации комплекса программ для ЭВМ, опубликовано 5 докладов и тезисов докладов в сборниках научных трудов и материалах международных и всероссийских конференций.

Не вызывает сомнений, что в совместных публикациях результаты, связанные с разработкой математических моделей и алгоритмов автоматизированных систем предотвращения пожаров в составе

автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности, применяются для защиты электрооборудования промышленных предприятий Вьетнама.

## **6. Анализ структуры диссертации и автореферата**

**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.

**В первой главе «Анализ современного состояния пожарной безопасности электрооборудования промышленных объектов Вьетнама»** проведен анализ состояния электрооборудования промышленных предприятий Вьетнама. Даны результаты анализа 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.

Проведен анализ устройств защитного отключения как средства 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-автоматных моделей 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 логические сети автоматов устройств 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 пожарных 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, вырабатывать 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.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, а опубликованные статьи содержат основные положения работы. Это позволяет сделать вывод о том, что автором обоснована актуальность диссертационной работы, достигнута цель исследования и решены поставленные в работе задачи. Полученные результаты обладают научной новизной и практической значимостью, сформулированные выводы не вызывают сомнений.

## **7. Замечания по диссертации и автореферату**

В качестве замечаний по автореферату и диссертационной работе следует отметить следующие:

1. В качестве приложений к работе указаны акты внедрения разработок автора, но нет информации о том, в какой мере данные внедрения позволили улучшить автоматизированные системы предотвращения пожаров электрооборудования.

2. В работе практически не представлена информация по взаимодействию автоматизированной системы предотвращения возгораний электрооборудования промышленных объектов с другими существующими системами противопожарной защиты, либо она изложена в краткой форме.

3. Во вторую главу включена информация о технических показателях электрических аппаратов защиты электросетей на промышленных объектах Вьетнама, которую можно было бы вынести в приложение.

4. В четвертую главу не в полном объеме включена информация о требованиях к техническим характеристикам разрабатываемого программно-аппаратного комплекса.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Нгуен Ле Зуя.

## **8. Выводы**

Диссертация Нгуен Ле Зуя является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей важное значение для 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.

По своему содержанию, научно-теоретическому уровню диссертационная работа соответствует требованиям ВАК Минобрнауки



России по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки), а её автор Нгуен Ле Зуи заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв на диссертационную работу Нгуен Ле Зуя рассмотрен и утвержден на заседании кафедры управления и экономики ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Протокол № 2 от 04 октября 2021 г.).

Отзыв подготовил:

Доцент кафедры управления и экономики

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

кандидат технических наук, доцент



В.А. Онов

«04» октября 2021 г.

Подпись Онова Виталия Александровича заверяю



Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Адрес 196105 Санкт-Петербург, Московский пр., д.149.

Телефон: +7 (812) 369-69-73. Сайт: <https://igps.ru>