

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

**Сенюка Михаила Дмитриевича**

«Разработка адаптивного метода разгрузки энергоблока при близких коротких замыканиях», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. «Электроэнергетика»

### **1. Актуальность темы диссертации**

Развитие ЭЭС сопровождается увеличением разнообразия элементов, усложнением структуры сети, характера протекания переходных процессов, определяющих необходимость совершенствования принципов и технологий противоаварийного и режимного управления. Развитие средств и методов сбора, обработки и анализа данных электрических режимов ЭЭС позволяет обеспечить адекватность системы противоаварийного управления условиям их работы. К новым качествам ПА при этом следует отнести использование алгоритмов противоаварийного управления по принципу «После» с идентификацией актуальных параметров моделей принятия решений.

Работа Сенюка М.Д. посвящена исследованию особенностей применения этого принципа для решения одной из задач противоаварийного управления в энергосистемах, а именно автоматической разгрузки турбины энергоблока при близких коротких замыканиях (АРБКЗ), поэтому она несомненно является актуальной.

### **2. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

В диссертационной работе теоретически строго:

1. Разработан метод оценки динамической устойчивости синхронного генератора по принципу «После» на основе энергетического критерия для задачи АРБКЗ.

2. Разработан алгоритм параметрической идентификации закона импульсной разгрузки паровой турбины для обеспечения динамической устойчивости синхронного генератора по данным локальных измерений.

3. Разработаны алгоритмы ускоренного определения временных параметров возмущения по мгновенным значениям токов и напряжений.

**3. Практическая значимость результатов диссертационной работы** заключается в разработке способа адаптивного противоаварийного управления режимом энергоблока при близких КЗ по принципу «После».

#### **4. Методы исследования**

Для достижения поставленной цели были использованы методы математического и физического моделирования, теорий автоматического управления и цифровой обработки сигналов. Апробация разработанных методов и способа управления была выполнена на адекватных математических моделях ЭЭС в среде Matlab Simulink®.

#### **5. Заключение о соответствии диссертации установленным критериям**

Диссертационная работа Сенюка Михаила Дмитриевича в полном объеме отвечает критериям, которые установлены Положением о присуждении ученых степеней в УрФУ:

- 1.1. Указанная диссертантом цель работы – разработка метода анализа и обеспечения динамической устойчивости СГ во время близких коротких замыканий (КЗ) на основе правила площадей и локальных измерений – в представленной диссертационной работе достигнута.
  - 1.2. Автореферат диссертации соответствует *диссертационной работе* по всем квалификационным признакам: по цели и задачам исследования; по основным положениям, выносимым на защиту; по определению актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др.
  - 1.3. Основные выводы и результаты диссертационной работы соответствуют поставленным задачам исследований и сформулированы автором структурно логично и содержательно емко.
  - 1.4. Научные публикации Сенюка М.Д., изданные в период работы над диссертацией, соответствуют тематике диссертационной работы и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы.
  - 1.5. Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 2.4.3. «Электроэнергетика», а именно, направлениям исследований:
- П. 11. Разработка методов мониторинга и анализа режимных параметров основного оборудования электростанций, подстанций и электрических сетей энергосистем, мини- и микрогрид.

- П.14. Разработка методов расчета и моделирования установившихся режимов, переходных процессов и устойчивости электроэнергетических систем и сетей, включая технико-экономическое обоснование технических решений, разработка методов управления режимами их работы.
- П.16. Разработка методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования, противоаварийной автоматики и релейной защиты в электроэнергетике.

Результаты, полученные диссертантом, являются важным и весомым вкладом в теорию моделирования и управления режимами электроэнергетических систем.

#### **6. Анализ содержания диссертации**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и 2 приложений. Полный объём диссертации составляет 138 страниц, включая 59 рисунков и 21 таблицу. Список литературы состоит из 144 наименований.

*Во введении* представлены и сопоставлены принципы и реализующие их методы выбора управляющих воздействий (УВ) в устройствах ПА: – «И-До», «I-До», «После». Обосновывается гипотеза о возможности повышения адаптивности управления режимами и живучести энергосистем при широком применении принципа «После». Представлены цель, задачи и дана характеристика результатов исследования.

*В первой главе* представлен обзор и анализ адаптивных способов противоаварийного управления режимами энергосистем и используемых при этом методов принятия решений.

*Во второй главе* представлена разработка адаптивного алгоритма оценки динамической устойчивости (ДУ) СГ и его апробации на математической модели одномашинной ЭЭС. Для оценки ДУ СГ используется критерий соотношения энергий ускорения и торможения ротора, оцениваемого по площадкам ускорения и торможения.

*В третьей главе* представлена разработка и апробация на математических моделях одномашинной и многомашинной ЭЭС алгоритма выбора УВ АРБКЗ по принципу «После».

*В четвертой главе* представлены алгоритмы определения временных характеристик возмущения, минимизации искажения формы кривой мгновенного тока при насыщении электромагнитной системы

трансформаторов тока (ТТ) при КЗ, результаты оценки приемлемой величины расчётного окна метода экспресс-оценки ПЭР.

*В заключении* сформулированы основные результаты диссертационной работы, подтверждающие решение поставленных задач, представлено видение автора перспективы дальнейших исследований, развивающих тему диссертации.

#### **7. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее основное содержание.

#### **8. Степень обоснованности научных положений и достоверности полученных результатов**

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов определяются применением фундаментальных теоретических методов исследования в рассматриваемой области, использованием классических методов и алгоритмов расчёта режимов электроэнергетических систем. Подтверждается тестированием разработанных алгоритмов на математических и физических моделях ЭЭС. Результаты не противоречат исследованиям, выполненным другими авторами и применяемыми на практике, а их достоверность также подтверждается апробацией на научных семинарах, всероссийских и международных научно-технических конференциях.

#### **9. Отличие выполненных исследований от других работ**

Диссертационная работа Сениока М.Д. отличается от других работ, выполненных в исследуемой области АРБКЗ, рассмотрением и решением задачи адаптивного управления исключительно на принципе «После».

#### **10. Личный вклад автора**

Анализ диссертации, публикаций автора позволяет сделать вывод, что основные результаты, представленные в работе, получены автором лично или при его определяющем участии.

#### **11. Опубликованность основных результатов диссертационной работы**

Основные результаты диссертации опубликованы в 12 статьях в рецензируемых научных журналах, в том числе 8, проиндексированных в базах Scopus и Web of Science.

## 12. Замечания

1. Синтез закона импульсной разгрузки ПТ сводится к определению параметров уже применяемого на практике закона, т.е. является только параметрической оптимизацией уже ранее предложенного закона.
2. В работе решается локальная задача ПУ (разгрузка ПТ при близких КЗ). Остается неясным место технологии СВИ в этой задаче, где сбор данных осуществляется без необходимости их синхронизации на больших территориях, при этом автор концентрируется на использовании локальных мгновенных ПЭР.
3. В работе недостаточно внимания уделено контролю изменения мощности (момента) самой паровой турбины при ИРТ, важнейшему параметру, определяющему эффективность ПУ в режиме после.
4. Непонятно, как именно решается задача оптимизации 3.14 (с. 62) методом Лагранжа. Ограничения задачи заданы не в виде равенств, а в виде принадлежности к областям.
5. Остается неясным применимость предложенного способа АРБКЗ (с.67):
  - только к одному энергоблоку с индивидуальной слабой связью.
  - к группе энергоблоков, работающих на общую шину. При этом блоки могут быть разными и иметь разную загрузку.
6. Остается неясным повышенное внимание к задаче фиксации времени возникновения возмущения по двум причинам:
  - АРБКЗ контролирует запасенную энергию путем контроля угла и скорости.
  - Предсказать однозначно длительность и вид возмущения невозможно. Параметры становятся известны только после его снятия, поэтому принять решение об оптимальном управлении в начале действия возмущения невозможно. Возможно только после его снятия, но при этом может возникнуть не успешность из-за задержки ввода управляющего воздействия, поэтому при возмущении должно запускаться управляющее воздействие с запасом (на самый неблагоприятный вариант развития), а после снятия возмущения параметры управления должны корректироваться по его факту и измеренным ПЭР с учетом оценки запасенной кинетической энергии,

силы связей (эквивалентных параметров ЭЭС).

7. (Выводы 3.12). Неясно, о каком изменении частоты переменного тока идет речь. Во внешней сети принято постоянство частоты. Устойчивость параллельной работы сохраняется, значит речь идет только о динамическом изменении контролируемой частоты? Процессы в ЭЭС конечной мощности (без ШБМ) не рассматривались. Последняя фраза – вывод, но не подкреплена текстом главы.
8. Текст диссертации не лишен опечаток и некоторых неточностей (стр. 29, 38, 44, 59, 85, 92 и др.).

### 13. Общее заключение

Диссертация Сенюка М.Д. «Разработка адаптивного метода разгрузки энергоблока при близких коротких замыканиях» удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, поскольку является законченной научно-квалификационной работой, обладающей необходимыми признаками актуальности, новизны и практической значимости. В ней решена важная научно-техническая задача разработки способа и алгоритмов импульсного противоаварийного управления паровой турбиной при близких КЗ и исследованы особенности их применения.

Задачи, решаемые в работе, объединены общей оригинальной научной идеей. Конечный эффект использования результатов работы заключается в повышении надежности электроснабжения потребителей в энергосистемах России за счет совершенствования математических моделей и методов принятия решений по выбору противоаварийных управляющих воздействий.

Основные научные выводы и практические рекомендации сделаны на основе глубокой и разносторонней проработки различных аспектов моделирования режимов энергосистем. Содержание представленной диссертационной работы полностью соответствует паспорту специальности 2.4.3. «Электроэнергетика», соответствует заявленной цели и поставленным задачам и детально отражает последовательность их решения.

Диссертация написана технически грамотным языком, выводы и рекомендации изложены аргументировано. Основные научные результаты работы подробно изложены в публикациях в изданиях из списка ВАК.

Сделанные в п. 12 замечания носят частный характер и не снижают в целом высокой положительной оценки диссертационной работы, автор которой, Сенюк Михаил Дмитриевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. «Электроэнергетика».

Официальный оппонент,  
 профессор кафедры «Автоматизированные  
 электроэнергетические системы» ФГБОУ ВО  
 «Новосибирский государственный технический  
 университет»,  
 доктор технических наук по специальности 05.14.02  
 – Электрические станции и электроэнергетические  
 системы, профессор

Фишов  
 Александр  
 Георгиевич

*ed*

24.10.2021

Сведения:

**Полное наименование организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

**Юридический адрес:** 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.

**Телефон:** 8 (383) 346-13-34

**Эл. адрес:** [fishov@corp.nstu.ru](mailto:fishov@corp.nstu.ru)

**Должность:** профессор кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы»

**Ф.И.О.:** Фишов Александр Георгиевич

Подпись А.Г. Фишова удостоверяю *107*

