

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

СОЛДАТОВА СЕРГЕЯ ВАЛЕРЬЕВИЧА

«Совершенствование методов расчета и обнаружения аварийных режимов сельских электрических сетей 10 кВ по наведенным напряжениям», представленную в диссертационный совет Д 006.037.01 на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Работа выполнена на актуальную тему, направлена на разработку методов расчета и обнаружения вида и места аварийных (АР) в сети 10 кВ на основе применения современных методов вычисления и измерительных устройств.

Повышение эффективности работы распределительных электрических сетей является одной из приоритетных задач электроэнергетики и в частности развития электрических сетей АПК. Сокращение времени обнаружения и устранения аварийных несимметричных режимов повышает надежность работы этих сетей.

В работе для расчетов применяется метод фазных координат (ФК), позволяющий рассчитывать сложные АР в сетях с любым числом фаз. При этом токи и напряжения рассчитываются сразу в реальных величинах.

Рассматриваемая работа носит преемственный характер и является продолжением результатов исследований, полученных рядом специалистов.

Эффективность обнаружения вида и места АР обеспечивается применением, как современных методов расчета, так и средств обнаружения.

В данной работе эта задача решается для сетей 10 кВ с помощью методики и программы расчета АР в ФК, а также методик определения вида и места их возникновения по наведенным напряжениям (НН) на проводниках параллельных линии 10 кВ (антеннах).

2. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Сделанные автором работы выводы относятся к основным результатам проведенных им исследований, в целом они обоснованы.

Все выводы по работе сформулированы в виде итоговых результатов. Часть из них изложена в виде утверждений автора по теоретическим положениям, вынесенным на защиту.

В процессе исследований использовались методы математического и компьютерного моделирования электрической сети 10 кВ на основе метода фазных координат, математические методы с использованием матричной теории электрических сетей и интерполяционных полиномов, методы

определения технико-экономической эффективности работы линий, экспериментальные исследования.

Достоверность выводов обеспечена достаточно высоким уровнем исследований, обусловлена применением строгих математических преобразований с использованием матричной теории электрических сетей, а также проведенными экспериментами.

2. ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ

состоит в том, что:

1. Усовершенствованы метод расчета и математическая модель, позволяющие учитывать все параметры сети 10 кВ и рассчитывать любые виды АР в фазных координатах и наведенные напряжения на проводниках параллельных фазам линии (антеннах). Разработана соответствующая программа расчета на ЭВМ.

2. Исследовано влияние на НН: чередования фаз линии, длины проводников антенны, их расположения, отклонения фазных напряжений от номинального значения. Показано, что наибольшее влияние на НН оказывает несимметрия фазных напряжений и их распределение вдоль линии 10 кВ, что и используется для определения вида и места аварии.

3. Показано, что вид АР можно определить по интервалам НН в зависимости от точки аварии воль линии с выделением групп: однофазные замыкания на землю, двойные замыкания на землю, короткие замыкания, обрывы, одновременные замыкания и обрывы. При этом, наибольшие НН возникают в АР - где присутствуют замыкания на землю. Показано, что место АР можно определять по интерполяционным зависимостям НН от точки аварии вдоль длины линии. Обоснован вывод, что переходное сопротивление в месте замыкания практически не влияет на уровни НН и следовательно - они будут рассчитаны или измерены верно при любых переходных сопротивлениях.

4. Показана возможность определения места АР в разветвленных фидерах 10 кВ по наибольшим НН на антеннах, установленных перед всеми потребительскими трансформаторами 10/0,4 кВ. Это можно использовать и для определения поврежденного фидера – когда от подстанции отходят несколько фидеров.

5. Исследованы антенны с разным числом проводников. Показано, что можно добиться одинакового уровня НН при разном размещении проводников. Следовательно, размещение проводников можно выбирать с учетом удобства эксплуатации и безопасности.

6. Сделана оценка технико-экономической эффективности предложенного усовершенствованного метода определения вида и места АР в фидерах 10 кВ.

7. Проведены натурные измерения НН на антенне под одноцепной

линией 10 кВ и под двухцепной линией 35 кВ, показавшие хорошее совпадение рассчитанных и измеренных НН.

3. ВНЕДРЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО

Основные результаты диссертации и программа расчета на ЭВМ внедрены в филиале ОАО «МРСК Центра» – «Костромаэнерго», что подтверждено соответствующим актом. Результаты диссертации используются также в научно-исследовательской работе и учебном процессе ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, что подтверждено справкой.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Результаты исследований могут использоваться при расчете и исследовании различных аварийных режимов в распределительных сетях 10 кВ и для определения вида и места возникновения этих режимов.

6. АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Основные положения работы докладывались и обсуждались на ежегодных международных научно-практических конференциях ФГБОУ ВПО Костромской ГСХА в 2012, 2013, 2014 годах, а также на IV и V международных научно-практических конференциях ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ в 2013 и 2014 годах

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 21 научная печатная работа, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получен патент на полезную модель.

7. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ЕЕ ЗАВЕРШЕННОСТИ

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов по каждой главе, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем составляет 200 страниц, в том числе 198 страницы основного текста, 84 рисунка, 41 таблиц, списка литературы из 215 наименований.

8. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность темы, определены цель и основные задачи исследования, отмечена научная новизна работы и практическая ценность, приведены основные положения, выносимые на защиту. Отмечены основные методы расчета и обнаружения АР.

В первой главе «Методы определения места повреждения и математические модели электрических сетей 6-35 кВ» приведен обзор методов и средств обнаружения мест повреждений и рассмотрены модели всех видов устройств, включенных вдоль фидера 10 кВ в ФК в матричном виде. Отмечено,

что для расчета методом ФК используется H -форма и Y -форма $2k$ -полюсников. Отмечается, что между этими формами существует аналитическая связь.

Приведены и получены модели в ФК:

1) Линии 10 кВ в общем случае и в аналитическом виде (без обращения матриц), полученном в работе.

2) Нагрузки на стороне 0,4 кВ потребительского трансформатора. Модель представлена - как фазные проводимости, соединенные в звезду с нулевым проводом.

3) Повреждения. Модель основана на П-образной схеме замещения, в которой продольные сопротивления $Z_{обр}$ моделируют обрывы фаз, а поперечные проводимости Y_{KZ} моделируют замыкания между фазами и на землю.

4) Разветвления. Модель разветвления представлена матрицей узловых проводимостей и эквивалентной матрицей передачи.

5) Трехфазного двухобмоточного трансформатора. Модель включает матрицу сопротивлений ZV обмоток трансформатора, которая рассчитывается по паспортным данным трансформатора.

6) Матрицы передачи питающего двухобмоточного трансформатора со схемой соединения «звезда с нулем – треугольник».

7) Матрицы передачи потребительского трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда – звезда с нулем».

Замечания по введению и 1-й главе:

1. Во введении следовало бы подробнее объяснить - почему средства релейной защиты и автоматики не отключают однофазные замыкания на землю.

2. Можно было бы дать описание в ФК своих моделей подробно, а использованных моделей более сокращенно.

3. Отсутствует анализ зарубежных источников информации по методам расчета аварийных несимметричных режимов электрических сетей.

Во второй главе Методы расчета аварийных режимов фидеров 10 кВ и наведенных напряжений на параллельных проводниках» показано, что для расчета НН необходимо сначала рассчитать сам АР режим фидера 10 кВ, а затем напряжения по концам первого участка линии параллельно которому будут располагаться проводники антенны.

Для расчета АР доработан метод, использующий каждый элемент сети в фазных координатах. Получены матричные соотношения для токов и напряжений во всех точках фидера 10 кВ и для наведенных напряжений на проводниках проходящих параллельно фазам линии. Причем, при расчете НН получены выражения для трех случаев: 1 - проводники отключены и разомкнуты по концам; 2 - проводники заземлены в конце и разомкнуты в начале; 3 - проводники заземлены в начале и разомкнуты в конце.

Получены выражения для расчета НН многопроводниковой антенны с проводниками малой длины, через систему собственных и взаимных емкостей.

Замечания по главе 2

1. Отмечается, что для некоторых элементов сети 10 кВ использованы уже разработанные ранее модели в фазных координатах. Для них в диссертации надо было дать более сокращенное описание.
2. Зачем получены выражения для определения НН в трех случаях работы проводников, если используется только один случай?

В третьей главе «Исследование наведенных напряжений на проводнике параллельном линии электропередачи для определения аварийных режимов» исследованы НН при различной длине проводников антенны, различной фазировки и различной нагрузки линии 10 кВ.

Были рассчитаны следующие виды нормальных и аварийных режимов: нормальный режим; замыкание фазы А на землю (А-О); замыкание фазы В на землю (В-О); замыкание фазы С на землю (С-О), короткое замыкание между фазами (А-В); короткое замыкание между фазами (А-С); короткое замыкание между фазами (В-С); трехфазное короткое замыкание (А-В-С); двойное замыкание на землю фаз А и В (А-О, В-О); двойное замыкание на землю фаз А и С (А-О, С-О); двойное замыкание на землю фаз В и С (В-О, С-О); обрыв фазы А; обрыв фазы В; обрыв фазы С; одновременное замыкание на землю и обрыв фазы А (А-О+обр.А); одновременный обрыв и замыкание на землю фазы А (обр.А+А-О); одновременное замыкание на землю и обрыв фазы В (В-О+обр.В); одновременный обрыв и замыкание на землю фазы В (обр.В+В-О); одновременное замыкание на землю и обрыв фазы С (С-О+обр.С); одновременный обрыв и замыкание на землю фазы С (обр.С+С-О).

Исследования проведены для различной длины проводника. Показано, что:

- о виде АР можно судить по модулям НН;
- чередование фаз напряжений линии 10 кВ мало сказывается на НН;
- нагрузка линии 10 кВ мало сказывается на НН;
- определять вид АР можно по НН проводника, расположенного в любой точке воль вертикали треугольника, по вершинам которого расположены фазы линии 10 кВ;
- при проводнике малой длины (5 метров) по величине НН также можно судить о виде АР;
- отклонения НН в аварийных режимах от НН в нормальном режиме существенны для всех режимов, в которых присутствуют замыкания на землю и составляют от 500 В до 4000 В;
- НН строго пропорциональны отклонениям фазных напряжений линии 10 кВ;
- несимметрия фазных напряжений линии 10 кВ оказывает наибольшее влияние на уровни НН;
- распределение напряжений вдоль линии 10 кВ зависит от вида аварийного режима и места его возникновения, наибольшая несимметрия напряжений возникает в самой точке АР;

- о виде АР можно судить по интервалам НН построенным при возникновении режимов в начале, в середине и в конце линии 10 кВ;
- интервалы НН можно разбить на три укрупненные группы: все короткие замыкания, все двойные замыкания и все одновременные обрывы с замыканием, все однофазные замыкания и все одновременные замыкания с обрывом.
- разность НН между укрупненными группами существенна и составляет порядка 2000 В;
- укрупненные группы эффективны при любой длине линии и при расположении проводника в любой точке вдоль вертикали;
- интервалы НН можно разбить на 7 детальных групп, но в этом случае разность НН между этими группами не большая и составляет от 30 до 800 В, что требует более точных вычислений и измерений НН;
- для определения места АР можно использовать графики зависимости НН от точки возникновения режима вдоль длины линии 10 кВ, т.е. получить интерполяционные зависимости, например полином на основе матрицы Вандермонда, который использован в данной работе;
- если задаться погрешностью расчета или измерения НН, то можно получить интервал длин, в котором возможно возник АР. Получено аналитическое выражение для этого интервала;
- при длине линии от 10 до 20 км можно сократить обход линии на 8,8-14,4 км при двойном замыкании и на 9,1-16,6 км при однофазном замыкании на землю соответственно.
- переходное сопротивление в месте замыкания незначительно влияет на НН в различных АР, что очень важно для определения вида и места АР при любом переходном сопротивлении;
- в разветвленных фидерах участок с АР можно определять по наибольшему значению НН на антеннах расположенных перед всеми потребительскими трансформаторами 10/0,4 кВ фидера 10 кВ;

Замечания по главе 3

1. Не исследовано влияние несимметрии нагрузки на НН.
2. В работе приняты модели для трехбаковых трансформаторов. Не исследовано - как изменятся НН при однобаковых трансформаторах.
3. Зачем исследовались двухфазные и трехфазные короткие замыкания, если, как показано в работе, их определить значительно труднее, чем режимы с замыканиями на землю.

В четвертой главе «Исследование наведенных напряжений на многопроводных антеннах для определения аварийных режимов» проведены исследования возможности определения видов аварийных режимов линии 10 кВ по НН на многопроводниковых антеннах. Проводники называются стержнями антенны. Показано, что:

- нет необходимости искать такие расположения стержней, которые бы придавали антенне свойства фильтра напряжения нулевой последовательности (НН в нормальном режиме строго равно нулю) – достаточно, чтобы НН в АР отличались от НН в нормальном режиме;
- для антенн, состоящих из трех стержней при расположении стержней: по вписанной окружности, по описанной окружности, по горизонтали, по вертикали, по треугольнику вершиной вверх, по треугольнику вершиной вниз - можно получить примерно одинаковые уровни НН;
- о виде АР можно судить как по НН на холостом ходу, так и по НН при нагрузке антенны;
- можно подобрать такую нагрузку антенны (с помощью дополнительного сопротивления), чтобы значение НН было заданным, например, как приведено в работе – 220 В в режиме однофазного замыкания на землю;
- при множестве стержней (например 1, 3, 5) возможно применение расположений стержней: по горизонтали под фазами линии, по вертикали под фазами линии, по вертикали сбоку от фаз линии, по вертикали с двух сторон от фаз линии;
- число стержней не сильно влияет на уровни НН, а влияет на мощность антенны, которая обратно пропорциональна сопротивлению нагрузки антенны;
- мощность антенны, например, при увеличении стержней в 3 раза, увеличивается всего в 1,7 раза из-за емкостных сопротивлений между всеми стержнями и фазами линии, которые ограничивают эту мощность;
- для определения вида АР число стержней может быть любым;
- наибольшие НН наблюдаются в АР – где присутствуют замыкания на землю;
- расположение стержней с двух сторон от фаз линии позволяет более детально определять виды АР;
- для увеличения мощности антенны можно подвешивать ее стержни на изоляторах непосредственно к фазам линии, чтобы уменьшить расстояния между стержнями и фазами;
- при всех расположениях мощность антенны остается малой, поэтому при подключении приборов к антенне можно использовать батарейки или аккумуляторы, как это было сделано при проведении эксперимента в данной работе, когда для измерения НН использовался мультиметр на батарейке.
- можно расположить антенну так, чтобы стержень был расположен на достаточном расстоянии от фаз линии, от опоры и от земли.
- для подключения к антенне можно использовать устройство, состоящее из вольтметра, передающего модема, светодиода, добавочного сопротивления и батарейки.

Замечания по главе 4

1. Почему в таблицах 3.1 и 4.1 не совпадают значения НН?
2. Надо было привести значения мощности для каждой антенны – как это сделано для сопротивлений нагрузки антенн.

В пятой главе «Экспериментальные исследования и экономическая эффективность» приведены данные экспериментальных исследований и сделана оценка технико-экономической эффективности предложенного усовершенствованного метода.

При проведении замеров НН под центральной фазой одноцепной линии 10 кВ расчетное значение НН составило 2.7 В, а измеренное 1.5 – 2.0 В. При проведении замеров НН под центральной фазой двухцепной линии 35 кВ расчетное значение НН составило 40.3 В, а измеренное 37.1 – 39.2 В. Таким образом, получено хорошее совпадение расчетных и измеренных величин. Следовательно предложенный усовершенствованный метод расчета АР и НН верен.

Показано, что:

- существующие приборы определения места повреждения плохо работают в сетях с изолированной нейтралью;
- для определения места повреждения можно использовать антенну с подключенным к ней цифровым вольтметром, показания которого будут передаваться на компьютер диспетчера с программой, определяющей по значениям НН вид и место аварии.
- экономическая эффективность достигается за счет уменьшения времени восстановления электроснабжения при поиске аварии и за счет определения дополнительных видов аварийных режимов по сравнению с другими методами, например при использовании приборов ИМФ и СИРИУС выпускающихся промышленностью;
- по сравнению с использованием этих приборов достигается годовой экономический эффект порядка 60 – 70 тыс. рублей при длине линии 10 км и 79 – 81 тыс. рублей при длине 20 км;
- срок окупаемости составляет менее 1 года.

Замечания по главе 5

1. При экспериментальных исследованиях необходимо было измерить напряжения на фазах линий, под которыми измерялись НН.
2. Надо было уточнить - когда необходимо передавать измеренные НН на компьютер диспетчера и когда надо применять дисплей или светодиоды для индикации аварий с замыканиями на землю. Какие еще виды приборов можно применять для индикации АР.
3. Почему не был проведен эксперимент в аварийных режимах.

В приложении приведены акт внедрения и справка об использовании результатов диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация, выполненная Солдатовым С.В. на тему **«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ОБНАРУЖЕНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 10 КВ ПО НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ»**, обладает научной новизной, представляет собой завершенное исследование актуальной научно-технической проблемы, связанной с совершенствованием методов расчета и обнаружения аварийных режимов электрических сетей 10 кВ и имеет теоретическую и практическую значимость.

Диссертация по актуальности, новизне, объему, содержанию, значимости результатов проведенных исследований удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а ее автор Солдатов Сергей Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

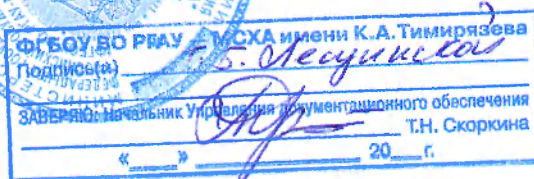
Официальный оппонент....

доктор технических наук, профессор
 Лещинская Тамара Борисовна, профессор
 кафедры «Электроснабжение и электротехника
 имени академика И.А. Будзко»
 ФГБОУ ВО «Российский Государственный аграрный
 университет - МСХА им. К.А. Тимирязева»,
 тел (495)976-10-53
 Адрес места работы:
 127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49
 Адрес электронной почты: energo-viza@mail.ru

октября 2015 г.

Лещинская

Т.Б. Лещинская



СВЕДЕНИЯ

об официальном оппоненте
кандидатской диссертации Солдатова Сергея Валерьевича на тему:
(Ф.И.О. соискателя) «Совершенствование методов расчета и обнаружения аварийных режимов сельских электрических сетей 10 кВ по наведенным напряжениям»
по специальности: 05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (расшифровка)

Фамилия, имя, отчество	Лещинская Тамара Борисовна
Ученая степень	доктор технических наук
Шифр и наименование научной степени	05.20.02 <i>Электротехнологии и электрооборудование в с.х.</i>
Ученое звание	профессор
Должность и адрес места работы	профессор кафедры электроснабжения и диагностики электрооборудования Московского института энергобезопасности и энергосбережения, 105043, г. Москва, ул. 4-я Парковая, д.27, стр.1
Контактные телефоны	8(926)416-1823
E-mail	<i>tamara.leschinskaya@gmail.com</i>
Дата и место рождения	
Паспортные данные	
Домашний адрес	
ИНН	
Номер страхового пенсионного свидетельства	
Основные работы по профилю диссертации за последние 5 лет	<i>примлагаются</i>

* Я, Лещинская Тамара Борисовна, даю согласие выступить
Ф.И.О. оппонента

в качестве официального оппонента.

Необходимые персональные данные о себе представляю и согласен(а) на их обработку.

Официальный оппонент,

д.т.н. профессор

(ученая степень, ученое звание
профессор кафедры электроснабжения
должность, место работы) и диагностики
электрооборудования МИЭЭ

М.П. Заверяю
ордел кадров, либо Ученый секретарь)

Лещинская Лещинская Т.Б.
(подпись) Ф.И.О.

Клюкина Клюкина В.В.
(подпись) Ф.И.О.



Список трудов
дтн профессора Лещинской Т.Б. (2011-2015 гг)

1. Наумов И.В. Лещинская Т.Б. Бондаренко С.И. Проектирование систем электроснабжения. ISBN 978-5-91777-042-0 Иркутск; ИрГСА, 2011 г., 326 стр.
2. Наумов И.В. Лещинская Т.Б. Бондаренко С.И. Проектирование систем электроснабжения. ISBN 978-5-8038-0818-3 Иркутск.: ИрГТУ, 2012, 356 стр.
3. Лещинская Т.Б. Семичевский П.И. Белов С.И. Электроснабжение населенного пункта. Методические рекомендации по курсовому и дипломному проектированию. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2011, 148 стр.
4. Лещинская Т.Б. Многокритериальная оценка технико – экономического состояния распределительных электрических сетей. Научное издание. М.:МИЭЭ, 2015 г., 120 стр.
5. Лещинская Т.Б. Белов С.И. Горбунова Н.Р. Многокритериальная оценка и выбор мероприятий и средств повышения электробезопасности сельских распределительных сетей 10 кВ. ISBN 978-5-905675-28-7. М.:ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012 г, 136 стр.
6. Лещинская Т.Б., Лыонг К.К. Разработка системы электроснабжения напряжением 10-110кВ в провинции Куанг Бинь Вьетнама на перспективу. М.: Вестник МЭИ № 4, 2012 г, стр.1...7.
7. Лещинская Т.Б., Белов С.И., Горбунова Н.Р. Многокритериальная оценка выбора стратегий повышения средств электробезопасности сельских электрических сетей 0,38-10 кВ. М.: Вестник ФГБОУ ВПО МГАУ, № 1, 2012 г, стр. 12....15.
8. Наумов И.В. Лещинская Т.Б. Иванов Д.А. Расчет и выбор оборудования районных трансформаторных подстанций (Учебное пособие с грифом УМО) Иркутск.: ИрГСХА, 2012 г., 95 стр.
9. Т.Б. Лещинская И.В.Наумов. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства. М.: БИБКОМ, Транслог, 2015 г, 455 с – ISBN 978-5-905563-41-1
10. Т.Б. Лещинская И.В.Наумов (с грифом УМО)
Электроснабжение сельского хозяйства М.: БИБКОМ, Транслог, 2015 г, 65с - ISBN 978-5-905563-41-6 (учебник с грифом УМО)



Лещинская Т.Б.

секретарь

Лещинская

Эфир-Клюкина т.б.