

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Дворкина Дмитрия Валентиновича **«Методика поиска источников несимметрии напряжения в точке общего присоединения подстанции и оценки их фактического влияния»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

На рассмотрение представлены:

- диссертация общим объемом 195 страниц печатного текста, которая состоит из введения, четырех глав, заключения, списка принятых сокращений, списка литературы из 80 наименований, трех приложений, 108 рисунков, 61 таблицы;

- автореферат диссертации на 24 страницах с характеристикой работы и кратким изложением основного содержания работы.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Объектом исследования диссертации являются энергосистемы класса напряжения 220 кВ и ниже. Предметом исследования является влияние потребителей с неравномерным по фазам потреблением электроэнергии и мощности на несимметрию напряжения в узлах энергосистемы. В работе выполнена разработка методики поиска потребителей с неравномерным по фазам потреблением и оценки их фактического вклада в несимметрию напряжения в условиях недостатка исходных данных для анализа.

Вышеуказанное подтверждает соответствие диссертации специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» (п.6 «Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике» и п.12 «Разработка методов контроля и анализа качества электроэнергии и мер по его обеспечению»).

Актуальность темы диссертационной работы

При анализе показателей качества электрической энергии (КЭЭ) большое внимание уделяется характеристикам и режимам работы несимметричных нагрузок, присоединенным к электрическим сетям, т.к. несимметрия напряжения приводит к многочисленным неблагоприятным эффектам: ухудшению условий работы и повышению риска отказа оборудования электрических станций, сетевых компаний, подстанций, нарушению надежности электроснабжения потребителей.

Известно, доминирующим источником несимметрии напряжения являются неполнофазные потребители. Однако следует также учитывать возможность негативного влияния сетевого оборудования, параметры которого принято принимать симметричными, что не всегда некорректно. Поэтому, при оценке несимметрии напряжения в узле передачи электрической энергии от поставщика к потребителю как требует ГОСТ 32144-2013, точное определение фактических источников этой несимметрии в каждом отдельном случае может быть затруднено. В условиях, когда тенденция роста числа неполнофазных потребителей неизбежно сохраняется, справедливо заключение, что проблема несимметрии напряжения в узлах сети будет только усугубляться. В этом случае требуется применение различных организационных мероприятий и технических средств по симметрированию напряжения.

На сегодняшний день существует достаточное количество средств симметрирования напряжения, однако, их высокая стоимость диктует необходимость грамотного и взвешенного подхода при их установке – требуется четкое понимание состава и вида потребителей в рассматриваемой сети, т.е. требуется методическое обеспечение. Первым шагом на пути решения этой задачи является разработка методики, позволяющей определить источники несимметрии напряжения и оценить их фактическое влияние. Решению этой весьма актуальной задачи посвящена тема

диссертационного исследования.

В качестве **новых научных результатов**, полученных лично автором, можно выделить следующие:

1. Разработана универсальная математическая модель подстанции (ПС) с постоянно симметричным источником питания, справедливая для любой ПС в энергосистеме (ЭС). Доказана справедливость линеаризации функций изменения значений фазных токов всех фидеров ПС при равномерном распределении нагрузки по ним;

2. Предложен критерий разделения потребителей подстанций на две группы: с симметричным и несимметричным по фазам потреблением, на основе которого разработан метод определения несимметричных потребителей ПС при изменяющихся во времени параметрах ЭС, позволяющий сформировать корректную эквивалентную схему замещения ПС обратной и нулевой последовательности;

3. Разработан метод ранжирования потребителей по степени влияния на несимметрию напряжения в точке общего присоединения ПС, применимый в условиях дефицита исходных данных для анализа.

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается в том, что:

- методика поиска несимметричных потребителей подстанций и оценки их фактического влияния на уровень несимметрии напряжения в точке общего присоединения может быть использована в условиях низкой наблюдаемости ЭС, когда набор исходных данных ограничен;

- разработанная универсальная математическая модель может быть использована для описания любой реальной подстанции в энергосистеме;

- разработанные инструкции по моделированию отдельной подстанции или целой энергосистемы в программно-вычислительном комплексе (ПВК) Matlab могут быть использованы в задачах оценки качества электрической энергии в различных структурах ЕЭС и вузах для учебных целей.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректным применением в работе классической теории электротехники, методов физического и математического моделирования; применением апробированных хорошо известных программно-вычислительных комплексов (Matlab и RastrWin) и проведёнными с их применением расчётами; верификацией результатов расчетов в ПК Matlab и физического моделирования на базе оборудования лаборатории КЭЭ в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»; широкой апробацией результатов исследования на международных научно-технических конференциях.

Анализ содержания работы и соответствие ее требованиям, предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационного исследования, объект и предмет исследования, сформулирована цель работы и вытекающие из нее задачи исследования; приведены методы исследования и среды моделирования, научная новизна работы; сформулированы основные положения, выносимые на защиту, представлены теоретическая и практическая значимость работы, степень достоверности результатов и их апробация; приведены сведения по публикациям.

В первой главе приведен анализ существующих методов поиска источников искажения и оценки их фактического вклада (ФВ). Автором показано, что на сегодняшний день не существует метода, который однозначно способен оценить ФВ потребителя в искажение симметрии напряжения в точке общего присоединения (ТОП) для произвольной ПС. На основе выполненного анализа конкретизирована проблема исследования, обоснована необходимость разработки нового метода оценки ФВ, поскольку все существующие методы работоспособны либо в благоприятных условиях

избытка исходных данных, либо работают с непрогнозируемой погрешностью.

Во второй главе диссертации рассмотрена математическая модель условной подстанции в энергосистеме. Сделано заключение, что любую ПС можно представить ТОП, подключенной к идеальному источнику питания (ИП) через несимметричное сопротивление и снабжающей n потребителей. Рассмотрен метод разделения потребителей подстанции на симметричные и несимметричные, основанный на анализе последовательных измерений фазных токов фидеров ПС. Показано, что применение метода позволяет объективно разделить потребителей на симметричные и несимметричные потребители и корректно составить электрическую схему замещения Тевенина ПС последовательности m , которая в дальнейшем используется для оценки фактических вкладов всех несимметричных потребителей в искажение симметрии напряжения в точке общего присоединения. Автор показал возможность ранжирования потребителей ПС по степени влияния на значение напряжения в ТОП.

В третьей главе рассмотрена математическая среда моделирования применяемых моделей и их оценка посредством альтернативных расчетов. В качестве среды выбран ПВК Matlab SimPower Systems, зарекомендовавший себя как надежное средство анализа ЭС в РФ и за рубежом. Описаны Matlab-модели отдельных силовых элементов реальных ЭС, представленные в виде типовых решений, с указанием конкретных подходов к расчету их параметров. Представлены модели несимметричных и нелинейных нагрузок, влияющих на КЭЭ в части несимметрии и несинусоидальности напряжения. Приведены типовые системы измерения для оценки режима работы энергосистемы в зависимости от типа потребителя и его влияния на параметры установившегося режима. Показано, что разработанная модель ПС с несимметричными потребителями позволяет использовать ее в дальнейшем для проведения математических экспериментов с целью верификации предложенного метода поиска несимметричных потребителей.

В четвертой главе диссертации проведен ряд экспериментов, подтверждающих работоспособность предложенного метода поиска НП в двух средах моделирования – физического моделирования в лаборатории КЭЭ ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» на базе низковольтной аппаратуры «Учебная техника» и математического моделирования на базе ранее разработанной модели. В ходе экспериментов показано, что предложенный метод поиска НП работоспособен при двух наиболее типичных схемах электроснабжения потребителей в сетях среднего и низкого напряжения СН и НН и позволяет построить верную эквивалентную схему замещения. На математической модели была проведена оценка погрешности метода в широком диапазоне изменения параметров схемы замещения Тевенина ПС с двумя наиболее распространенными типами трансформаторов в РФ (СНГ) и странах Европы (Y/Y и Y/ Δ соответственно).

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты выполненных исследований.

В приложениях приведены блок-схемы алгоритмов метода поиска НП и метода оценки ФВ НП в долях полной мощности; методика моделирования энергосистемы в ПК Matlab; расчет режимов работы 2-й условной энергосистемы.

Выводы и рекомендации в диссертационной работе, изложенные по главам и по работе в целом предоставляются обоснованными, объективно отражающими научную новизну и практическую значимость полученных результатов. Цели и задачи исследования, сформулированные автором, были вполне достигнуты.

В автореферате диссертации представлено основное содержание работы по главам, а также сведения: об актуальности работы, о поставленной цели и задачах работы, о научной новизне, теоретической и практической значимости работы, апробации и публикациях по результатам проведенных исследований. Автореферат достаточно полно отражает основные результаты исследований, приведенных в диссертационной работе.

Апробация результатов работы

Результаты исследования докладывались и обсуждались на международных конференциях: двадцать третьей международной научно-технической конференции студентов и аспирантов; двадцать четвертой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов; IOP Conference Series: Material Science and Engineering; IEEE 58th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University.

Публикации

Основные результаты работы освещены в научных публикациях автора – в двух изданиях из перечня ВАК РФ и четырех – в трудах международных научно-технических конференций.

По диссертации имеются следующие замечания и вопросы:

1. Во введении диссертации в п.1 раздела «научная новизна» следовало бы конкретизировать «Разработана универсальная математическая модель ПС с постоянно симметричным источником питания для любой ПС в ЭС класса напряжения 220 кВ и ниже».

2. В главе 2 в п.п. 2.2 при рассмотрении эквивалентной электрической схемы замещения ПС фазы k следовало бы пояснить, как определяются внешнее сопротивление сети Z_k и $U_{ип}$.

3. В главе 2 в выражениях для расчета нагрузки i -го фидера (формулы (2.25) – (2.27)) для принятия их линейными предлагается отбросить члены рядов с номером $q \geq 2$. Однако в главе 4 в п.4.2 при оценке погрешности метода поиска несимметричных потребителей на математической модели автор делает заключение «...допущение о линейности изменения значений токов по (2.25), (2.26), (2.27) является наиболее грубым».

4. В главе 3 при расчете параметров ЭС1 в ПВК Matlab и Rastg при достаточно большой длине кабельных линий 10 кВ (5-8 км, таблица 3.2) не

учтена их емкостная проводимость на «землю», что могло повлиять на выполненные результаты моделирования.

5. В главе 4 не достаточно обосновано допущение о линейном характере изменения трендов коэффициентов k_{ia} , k_{ib} , k_{ic} (рисунки 4.4, 4.5, 4.6, 4.8, 4.10, 4.11, 4.12, 4.14 и т.д.) для двух выполненных измерений.

6. Необходимое и достаточное условие симметричности нагрузки (выражение (4.9) в главе 4) можно изначально сформулировать как:

$$\begin{cases} R_{ai} = R_{bi} = R_{ci}; \\ X_{ai} = X_{bi} = X_{ci}, \end{cases}$$

тогда можно было исключить частный случай 2) при сравнении двух реализаций метода поиска НП.

7. В тексте диссертации (глава 4) при одном и том же характере нагрузки применяются разные термины: как «колебания нагрузки» (стр. 112), «изменения нагрузки» (стр. 119), «резкопеременная нагрузка» (стр. 121). Требуется уточнение применяемых терминов.

8. В основных результатах работы не приведена количественная оценка внедрения разработанной автором методики поиска источников несимметрии напряжения в точке общего присоединения подстанции.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости выполненной работы и носят рекомендательный характер.

Заключение

Диссертация Дворкина Д.В. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором исследований разработана методика поиска источников несимметрии напряжения в точке общего присоединения подстанции и оценки их фактического влияния. Диссертацию отличает широкое использование математического аппарата и различных вычислительных методов. Результаты работы могут быть использованы при

проектировании и эксплуатации энергосистем класса напряжения 220 кВ и ниже с несимметричными нагрузками.

Рассматриваемая диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в редакции от 29.05.2017 г.), предъявляемых к кандидатским диссертациям, соответствует указанной научной специальности, а ее автор, Дворкин Дмитрий Валентинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

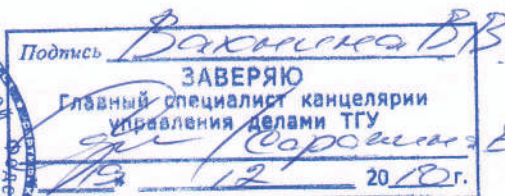
Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Электроснабжение и электротехника»
ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет»

Вахнина Вера Васильевна

19 декабря 2018 г.

445020, Самарская обл., г. Тольятти,
ул. Белорусская, 14 (центральный кампус)
ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»
Тел. раб. 8 (8482) 54-63-11
E-mail: V.Vahnina@tltsu.ru



Сведения об официальном оппоненте

по диссертации Дворкина Дмитрия Валентиновича «Методика поиска источников несимметрии напряжения в точке общего присоединения подстанции и оценки их фактического влияния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы»

ФИО	Вахнина Вера Васильевна
Ученая степень и наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым защищена диссертация	Доктор технических наук, 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы»
Ученое звание	Профессор
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы, должность	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», Заведующий кафедрой «Электроснабжение и электротехника» ФГБОУ ВО «ТГУ»
Почтовый адрес организации	445020, Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 14 (центральный кампус)
Телефон	8 (8482) 54-64-24
Адрес электронной почты	vvvahnina@yandex.ru http://tltsu.ru
Основные публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Влияние параметров геоэлектрического поля и системы напряжения на несинусоидальность тока и напряжения в точке передачи электрической энергии // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2014. – № 3(29). – С.47–52. 2. Vakhnina V.V., Shapovalov V.A., Kuznetsov V.N., Kretov D.A. The influence of geomagnetic storms on thermal processes in the tank of a power transformer // Power Delivery, IEEE Transactions on. – 2015. – Vol. – №30. – Issue: 4. – P. 1702-1707. 3. Vakhnina V.V., Kuvshinov A.A., Shapovalov V.A., Cherchenko A.N., Kretov D.A. The development of models for assessment of the geomagnetically induced currents impact on electric power grids during geomagnetic storms // Advances in Electrical and Computer Engineering. – 2015. – Т. 15 № 1. – P. 49 – 54. 4. Черненко А.Н., Вахнина В.В. Влияние режимов работы дуговой сталеплавильной печи 6ДСП-40 на уровень гармонических составляющих напряжения в точке подключения к электрической сети // Вектор науки Тольяттинского государственного

- университета. – 2015. – № 1 (31). – С. 46 – 50.
5. Кувшинов А.А., Вахнина В.В., Кузнецов В.А., Рыбалко Т.А., Зюзин М.О. Анализ механизмов распространения геоиндуцированных токов в системообразующих электрических сетях различной топологии // Электричество. – 2015. – №5. – С.36-46.
6. Кувшинов А.А., Вахнина В.В., Самолина О.В., Дубинин М.В. Особенности воздействия квазипостоянных токов на силовые трансформаторы систем электроснабжения // Промышленная энергетика. – 2015. – №9. – С.2-8.
7. Вахнина В.В., Горохов В.В., Горохов И.В. Источники квазипостоянных токов и их воздействие на функционирование систем электроснабжения // Промышленная энергетика. – 2016. – №5. – С.12-18.
8. Кувшинов А.А., Вахнина В.В., Селемир В.Д., Карелин В.И. Пропускная способность электропередачи в условиях геомагнитной активности // Электричество. – 2016. – №9. – С. 4-14.
9. Кувшинов А.А., Вахнина В.В., Черненко А.Н., Крюковский М.П. Гармонический анализ тока намагничивания силового трансформатора в условиях геомагнитных возмущений // Промышленная энергетика. – 2016. - №12. – С.43-49.
10. Кувшинов А.А., Вахнина В.В., Черненко А.Н., Рыбалко Т.А. Аналитическая модель эмиссии гармоник тока намагничивания силовым трансформатором при воздействии квазипостоянным током // Электротехника. – 2017. – №5. – С.25-31.
11. Вахнина В.В., Кувшинов А.А., Черненко А.Н., Зюзин О.М. Вариации напряжений в узлах электрической сети при геомагнитных возмущениях // Промышленная энергетика. – 2017. – №5. – С.13-20.

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор,
 заведующий кафедрой
 «Электроснабжение и электротехника»
 ФГБОУ ВО «Тольяттинский
 государственный университет»

de

Вахнина Вера Васильевна

