

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию  
Бумцэнд Уянгасайхан «Развитие и оптимизация режимов  
электроэнергетической системы при электрификации железнодорожной  
магистральной (на примере электроэнергетической системы Монголии),  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.14.02 – Электрические станции и  
электроэнергетические системы

### **1. Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 120 наименований и двух приложений. Работа изложена на 186 страницах машинописного текста, содержит 51 рисунок и 46 таблиц.

### **2. Актуальность темы исследования**

Проблема электромагнитной совместимости тяговой системы электроснабжения с электроэнергетической системой обусловлена использованием только двух фаз питающих сетей. Несимметричные режимы, возникающие при таком подключении, ухудшают качество электрической энергии, снижают эффективность функционирования электроэнергетических систем и нарушают ее устойчивость. При этом несимметрия токов уменьшает пропускную способность питающих трехфазных электрических сетей, снижает технико-экономические показатели синхронных генераторов и трансформаторов, увеличивает потери активной мощности и электроэнергии. Несимметрия напряжений уменьшает мощность выпрямительных установок, снижает эффективность использования регулирующих устройств, негативно влияет на промышленные электроприемники и бытовую технику, уменьшая их срок эксплуатации.

Таким образом, проблемы улучшения качества электрической энергии и симметрирования режимов существуют и требуют разработки новых

моделей и методов анализа несимметричных режимов. Исходя из вышеизложенного, актуальность темы диссертационной работы Бумцэнд Уянгасайхан сомнений не вызывает.

### **3. Оценка внутреннего единства и направленности полученных результатов на решение поставленных задач**

Для достижения поставленной цели, автором решен целый ряд взаимосвязанных задач. Анализ постановок задач, методов и алгоритмов их решения свидетельствует о единстве структуры и содержания работы.

*Во введении* обосновывается актуальность развития и оптимизации электроэнергетической системы при подключении тяговой нагрузки. Сформулированы цели и задачи исследования, определены научная новизна, практическая ценность, указаны положения выносимые на защиту.

*В первой главе* проведен анализ состояния современной электроэнергетической системы Монголии и составлен прогноз ее развития.

Показана техническая целесообразность электрификации железнодорожной магистрали Монголии.

*Во второй главе* представлен обзор современных и перспективных систем тягового электроснабжения, рассмотрено трансформаторное оборудование, используемое в этих системах. Предложена математическая модель для расчета коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности, позволяющая определять вклад каждого элемента сети. Разработана имитационная модель в программе Matlab для определения показателей качества напряжения, с ее помощью выполнена верификация аналитической модели.

*В третьей главе* проведена оптимизация режима и оценка статической устойчивости электроэнергетической системы Монголии после присоединения системы тягового электроснабжения. Расчет режимов электроэнергетической системы показал необходимость дополнительных компенсирующих устройств. Выполненные исследования проводились для двух вариантов присоединения тяговых подстанций.

*В четвертой главе* рассмотрены специализированные программные комплексы для расчета несимметричных режимов. Предложен метод расчета несимметричных режимов сложнзамкнутой сети с учетом несимметричной нагрузки. Выполнено моделирование трансформатора Скотта и показано, что трансформатор Скотта обладает лучшей симметрирующей способностью при неравенстве нагрузок двух плеч.

*В пятой главе* выполнен технико-экономический расчет и определены экономические преимущества трансформатора Скотта по отношению к трехфазному трансформатору.

*В заключении* сформулированы основные результаты теоретического и практического плана по диссертационной работе, совокупность которых свидетельствует о достижении поставленной цели.

*Приложения* содержат технические параметры исследуемого в работе трансформатора Скотта и два акта внедрения результатов диссертационной работы.

По каждому из разделов даны лаконичные и содержательные выводы. Исходя из анализа содержания работы в разрезе ее структуры и последовательности изложения, можно констатировать, что она является в достаточной мере полноценным законченным научным исследованием. Это свидетельствует о внутреннем единстве, целостности и практической направленности работы.

#### **4. Соответствие диссертации и автореферата специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы**

Материалы диссертации и автореферата соответствуют следующим пунктам Паспорта научной специальности 05.14.02:

п.6 Разработка методов математического и физического моделирования в электроэнергетике;

п.12 Разработка методов контроля и анализа качества электроэнергии и мер по его обеспечению;

п.13 Разработка методов использования ЭВМ для решения задач в электроэнергетике.

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

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

## **6. Методы исследования**

Применялись методы математического моделирования на основе теории матриц, а также основы общей теории функционирования электроэнергетических систем. В работе использовались методы оптимизации и имитационного моделирования с применением современных программных средств.

## **7. Степень обоснованности и достоверности полученных научных положений**

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов определяется теоретической аргументацией выбора направления исследования, применением теоретических и экспериментальных методов исследования в рассматриваемой области, подтверждена обсуждением результатов на всероссийских и международных конференциях и научных семинарах.

Степень достоверности и обоснованности высокая.

## **8. Уровень новизны научных положений, выводов и рекомендаций**

Научная новизна основных положений и результатов работы заключается в следующем:

1 Предложен метод расчета несимметричных режимов сложнзамкнутой электрической сети, который позволяет учитывать дополнительные потери от несимметрии.

2 Разработан и обоснован численными экспериментами аналитический метод определения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности адекватно определяющий индивидуальные вклады несимметрии от каждого элемента электрической сети.

3 Дано решение задачи построения оптимальной функции потерь активной мощности с помощью метода роя частиц для оптимизации режима электроэнергетической системы.

Уровень новизны оценивается как «результаты являются новыми».

#### **9. Ценность для науки и практики результатов исследования**

Научная значимость результатов диссертации заключается в разработке математических моделей определения индивидуальных вкладов несимметрии от элементов сети и развитие аппарата математического моделирования электрической сети при расчете сложносимметричных режимов.

Практическая ценность состоит в рекомендациях по оптимизации режима электроэнергетической системы при электрификации железных дорог.

Научный уровень диссертации характеризуется как достаточно высокий.

#### **10. Апробация работы и подтверждения опубликования ее основных положений и результатов**

По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 4 работы в рецензируемых изданиях, из перечня рекомендованных ВАК Российской Федерации и одна работа включена в наукометрическую базу Scopus.

Материалы диссертации опубликованы с достаточной полнотой.

#### **11. Соответствие полученных результатов поставленной цели и задачам**

Полученные результаты соответствуют поставленной цели. Сформулированные задачи решены.

#### **12. Замечания**

1. Пункт 4 в выводах главы 1 не является результатом исследования, а лишь аннотацией следующих глав.

2. Непонятно, на основании чего сделан вывод о линейном характере зависимости между величиной грузооборота и потребляемой электроэнергии на 1 км пути.

3. В пятой главе ссылка на источник [124] (стр. 162) обосновывает число часов использования максимума нагрузки. Такого источника нет в списке. Не понятно, почему взято значение 6000 часов.

4. В работе не представлено влияние высших гармоник на расчет потерь мощности при несимметричных режимах электроэнергетических систем.

5. Хотелось бы знать насколько полученные результаты применимы для других электроэнергетических систем.

6. В тексте имеются стилистические погрешности.

### **13. Соответствие диссертации критериям «Положения о присуждении ученых степеней»**

Диссертационная работа Бумцэнд Уянгасайхан отвечает требованиям соответствующих пунктов Положения о присуждении ученых степеней:

По п. 9. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором обосновано новое научное решение актуальной задачи в виде аналитического метода определения индивидуальных вкладов несимметрии от элементов сети.

По п. 10. Диссертация написана автором самостоятельно в виде рукописи, обладает внутренним единством, содержит новые научные положения и результаты, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о достаточном вкладе автора в науку. В диссертации имеются сведения о практической полезности выполненных исследований, подтвержденные актом внедрения.

По п.11-13. Основные результаты достаточно полно отражены в семи опубликованных работах, в том числе в четырех изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

По п.14. Диссертация соответствует указанным критериям.

#### 14. Заключение

Приведенные замечания не снижают актуальности и значимости диссертационной работы. Результаты научных исследований и полученные выводы свидетельствуют о том, что соискателем выполнена большая работа, направленная на решение важной практической задачи в электроэнергетике, а именно на повышение качества функционирования электроэнергетической системы при подключении систем тягового электроснабжения.

Работа отличается от ранее выполненных исследований в этой области тем, что симметрирование режимов в трехфазной питающей сети при подключении тяговой нагрузки с помощью трансформатора Скотта переносится на вторичную сторону напряжения 25 кВ.

Представленная работа «Развитие и оптимизация режимов электроэнергетической системы при электрификации железнодорожной магистрали (на примере электроэнергетической системы Монголии)» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержит совокупность выносимых на защиту новых научных положений и результатов, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. По совокупности изложенного считаю, что Бумцэнд Уянгасайхан заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент  
Иванова Елена Васильевна  
доктор технических наук,  
профессор кафедры электроэнергетических  
систем и электротехники,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Сибирский государственный  
университет водного транспорта»  
630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33  
тел. 89137980478 e-mail: nsawt\_ese@mail.ru

*Е.В.*

*Одобрено по протоколу 21.09.2018  
Д.В. Рушанин А.Т.*

*Соткина Ирина Александровна  
21.09.18*

Подпись Ивановой Е.В. заверяю  
документовед Гаврилова Е.Ю. *Е.Ю.*