



Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»  
(ДВГУПС)**



Certified by Russian Register

Серышева ул., д. 47, г. Хабаровск, 680021, Россия  
Тел. (4212) 40-72-00, 40-75-16, Факс: (4212) 40-73-21  
E-mail: [root@festu.khv.ru](mailto:root@festu.khv.ru), [www.festu.khv.ru](http://www.festu.khv.ru)  
ОКПО 01115768, ОГРН 1022701287652, ИНН 2724018158, КПП 272401001

От «  »    20   г. №    
На №   от «  »    20   г.

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Проректор по научной работе ДВГУПС  
д.т.н., профессор  А.Ф. Серенко

### **ОТЗЫВ**

ведущей организации – Дальневосточного государственного университета путей сообщения (г. Хабаровск) на диссертационную работу Комлева Антона Владимировича «Усовершенствование устройств распределения активных нагрузок судовых синхронных генераторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Современное развитие средств измерительной техники позволяет достичь высокой точности измерений, уменьшения размеров и массы блоков обработки электрических сигналов, упрощения в целом устройств релейной защиты и автоматики. Это позволяет существенно сократить затраты, связанные с исследованием и изготовлением уже эксплуатируемых объектов, а также проектировать новые сложные системы с заданными свойствами, в том числе с такими как энергетическая эффективность и надежность их работы. Так, в таких объектах, как судовые электроэнергетические системы, важной задачей является рациональное использование синхронных генераторов при их параллельной работе на активную нагрузку. Эта рациональность заключается в том, чтобы общая активная нагрузка распределялась между ними пропорционально их номинальным мощностям. Выполнение этого условия возлагается на устройства распределения активных нагрузок (УРАН). Однако эффективность их работы зависит от точности работы измерительных преобразователей активной мощности или тока (ИПАТ).

Задача усовершенствования УРАН судовых синхронных генераторов путем замены входящих в эти устройства трансформаторов тока является достаточно сложной. Простая замена на судах трансформаторов тока другими разновидностями первичных измерительных преобразователей тока крайне затруднена по

причине высоких требований к эксплуатационным и метрологическим характеристикам, предъявляемым к таким преобразователям. Необходима разработка новых измерительных преобразователей активного тока, входящих в состав УРАН, которые обладали бы сопоставимой надежностью и простотой исполнения, могли измерять большие токи при высоком напряжении. Одновременно они должны быть лишены недостатков, вносимых в УРАН трансформаторами тока, которые в них до сих пор используются: большие масса и габариты, низкая точность работы, возникающая при насыщении сердечника трансформатора тока.

**Актуальность** диссертационной работы соискателя заключается в том, что работа направлена на усовершенствование устройств, обеспечивающих одну из важнейших эксплуатационных функций управления электроэнергетической установкой — распределение активных нагрузок между синхронными генераторами.

**Целью диссертационной работы** является повышение точности измеряемых токов, упрощение схемы и снижение массогабаритных характеристик устройств распределения активных нагрузок между судовыми синхронными генераторами путем замены входящих в эти устройства трансформаторов тока (ТТ) на дифференцирующие индукционные преобразователи тока (ДИПТ) без использования интегрирующих фильтров.

В работе получены следующие результаты, имеющие **научную новизну** в области судовой и корабельной электротехники:

1. Предложен способ измерения активного тока источника, отличающийся от известных тем, что результат измерения находится как разность выпрямленных суммы и разности двух напряжений, первое из которых пропорционально напряжению источника, а второе пропорционально производной тока нагрузки, что позволяет использовать ДИПТ вместо ТТ.
2. Предложены компьютерные модели однофазного и трехфазного ИПАТ с ДИПТ, которые отличаются от известных упрощенных моделей тем, что учитывают внутренние сопротивления обмоток ДИПТ и трансформатора, что обеспечивает повышение точности измерения выходного напряжения ИПАТ.

**Практическая ценность** результатов исследования заключается в следующем:

1. Разработаны электрические схемы однофазного и трехфазного измерительного преобразователя активного тока на основе дифференцирующих индукционных преобразователей тока (ДИПТ) без использования интегрирующих фильтров для УРАН судовых синхронных генераторов. Предложенные измерительные преобразователи активного тока (ИПАТ) с ДИПТ по сравнению с аналогичными ИПАТ, применяемыми на судах в настоящее время, не содержат в своем составе трансформаторов тока. При этом обеспечивается снижение как количества используемых элементов в схеме ИПАТ, так и массогабаритных характеристик этих элементов от двух до десяти и более раз, в зависимости от параметров тока и напряжения судовой электроэнергетической системы. Уменьшаются в несколько раз погрешности измерения, связанные с насыщением сердечника трансформатора тока, а также с наличием в нём остаточного намагничивания и гистерезиса в кривой

намагничивания сердечника. Максимально возможная относительная погрешность трехфазных ИПАТ с ДИПТ при соблюдении рекомендаций по выбору ЭДС ДИПТ не превышает 0,1%.

2. Предложена конструкция ДИПТ в виде трансреактора с магнитопроводом, имеющим воздушные зазоры и выполненного на основе стандартного однофазного ленточного разрезного сердечника, а также методика его расчета.

3. Изготовлен макет УРАН с ИПАТ на основе ДИПТ и проведены экспериментальные исследования параллельной работы синхронных генераторов, снабжённых разработанными однофазными и трехфазными ИПАТ и УРАН. Результаты экспериментов подтверждают работоспособность и достаточную точность однофазного и трехфазного УРАН с ДИПТ. Ошибка распределения нагрузок не превысила 10%, что соответствует требованиям Морского Регистра судоходства.

**Практическая значимость** работы заключается в следующем:

- Разработанные однофазные и трехфазные ИПАТ на основе ДИПТ без использования интегрирующих фильтров позволят качественно улучшить технико-экономические показатели существующих УРАН, применяемых на судах и кораблях.

- Предложенная соискателем конструкция и методика расчета ДИПТ существенно упрощают изготовление таких ДИПТ и обеспечивают выбор оптимальных параметров по массе и ЭДС ДИПТ. Высокая чувствительность ДИПТ указанной конструкции к измеряемому току позволяет использовать такие ДИПТ в сетях с номинальным током менее 1 кА и напряжением до 1 кВ.

- Созданные компьютерные модели ИПАТ с ДИПТ обеспечивают повышение точности определения уровня выходного напряжения ИПАТ при проектировании таких устройств.

**Достоверность** научных результатов, изложенных в работе, подтверждается строгим обоснованием расчетных методик и принимаемых допущений, корректным применением современных методов научных исследований, а также близостью теоретических результатов с данными, полученными при моделировании и экспериментальном исследовании.

**Результаты работы** рекомендуется использовать в организациях, осуществляющих разработку и модернизацию судовых и корабельных электростанций, а также в организациях, разрабатывающих другие устройства с использованием ДИПТ. Материалы диссертации, связанные с теорией ДИПТ и методикой их расчета, рекомендуются для применения в сетях с номинальным током менее 1 кА и напряжением до 1 кВ. Материалы по компьютерному моделированию ТТ и ДИПТ целесообразно использовать в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению 140400 - Электроэнергетика и электротехника.

#### **Замечания по диссертационной работе**

1. Известно, что точность работы современных УРАН с ТТ по распределению активных нагрузок между параллельно работающими СГ составляет 2%. В диссертации при проведении экспериментов точность работы УРАН с ИПАТ на основе ДИПТ в распределении нагрузок составила 10%, что соответствует требованиям

Морского Регистра судоходства. Однако этот результат хуже по сравнению с работой современных УРАН с ТТ. С чем это связано?

2. В диссертации не приводится сравнение массогабаритных характеристик конкретных существующих аналогов ИПАТ с предлагаемыми в диссертации устройствами.

3. Параметры рассчитанного ДИПТ, указанные в параграфе 4.1 (значения ЭДС и число витков обмоток, значения активного и индуктивного сопротивлений, индуктивности вторичной обмотки), немного отличаются от параметров изготовленного ДИПТ (параграф 5.4), что не позволяет судить в полной мере о точности предлагаемой методики расчета ДИПТ.

4. В диссертации отсутствует экспериментальное подтверждение линейной зависимости ЭДС ДИПТ предлагаемой конструкции от измеряемого тока в диапазоне от нуля до токов, которые в несколько раз превышают номинальное значение (в пределах установленной кратности тока).

5. В диссертации сделан вывод о том, что экспериментальные исследования подтвердили «достаточный запас устойчивости и высокое качество переходных процессов в системе автоматического регулирования активной нагрузки СГ с ДИПТ». Однако надо отметить, что это относится только к работе УРАН по распределению нагрузок СГ, которые приводятся в работу двигателем постоянного тока. Работа УРАН с другими приводными двигателями в диссертации не рассмотрена и поэтому нельзя дать никакой оценки об устойчивости и качестве ее работы, что является недостатком диссертации.

### **Заключение**

В целом диссертационная работа Комлева Антона Владимировича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно-обоснованные технические разработки, направленные на совершенствование устройств для распределения активных нагрузок между генераторами судовых и корабельных электрических станций.

Совокупность этих разработок имеет существенное значение для водного транспорта и повышения обороноспособности страны.

Диссертационная работа Комлева А. В. по уровню научной новизны, практической ценности, по объему и содержанию теоретических и экспериментальных исследований соответствует требованиям ВАК РФ, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв рассмотрен и одобрен по результатам обсуждения доклада соискателя Комлева А.В. на заседании кафедры «Электротехника, электроника и электромеханика», состоявшемся 10 сентября 2014 г. (протокол № 1).

Заведующая кафедрой «Электротехника, электроника и электромеханика»,

Дальневосточного государственного университета путей сообщения

кандидат технических наук, доцент



О.А. Малышева