

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу

**Аль Зухаири Али Мохаммеда Кадхима**

**«Специальные вопросы повышения энергетической эффективности  
распределительных сетей Ирака»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности

**05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы**

### **Актуальность темы исследования**

Энергетическая система и распределительные сети Республики Ирак существенно пострадали в результате военных действий, а оставшиеся в работе сети на сегодняшний день значительно перегружены. Поэтому актуальной задачей для развития экономики Ирака является увеличение пропускной способности существующих сетей при минимизации затрат на строительство новых.

Для обеспечения потребностей Ирака в электроэнергии необходимо строительство новых электростанций и линий электропередач, однако это требует значительного времени и немалых финансовых затрат. Поэтому для развития электроэнергетической системы (ЭЭС) Ирака необходим анализ и обоснование новых подходов и методов управления режимами ЭЭС, а также использования современных устройств, позволяющих обеспечить выполнение требований к качеству электроэнергии и надёжности энергоснабжения. Существует целесообразность создания и развития в электроэнергетике Ирака интеллектуальных сетей (FACTS) и использования преимуществ цифровых и контролируемых технологий для повышения надёжности, безопасности и эффективности электрических распределительных сетей.

Альтернативой сооружению дополнительных станции и линий электропередач, при соблюдении требований по качеству электроэнергии и надёжности электроснабжения, являются устройства FACTS, использование которых предполагает установку активно-адаптивного сетевого электрооборудования, способного превращать электрическую сеть из пассивного комплекса транспорта электроэнергии в активно участвующее в управлении режимами работы электрических сетей. К ряду уже известных устройств такого характера в работе предлагается применить микрогидротурбины с синхронными или асинхронными генераторами, установив их в гидравлических сетях для использования потенциальной энергии воды водонапорных башен, что позволит получить дополнительные мощности для оптимального регулирования режимов работы сетей электроснабжения напряжением 11 и 33 кВ. Решению именно этих вопросов посвящена рецензируемая диссертация и в этом смысле тема диссертации, безусловно, актуальна.

Диссертация изложена на 163 страницах и состоит из введения, 4 глав, основных выводов, списка литературы из 101 наименования и 2 приложений и содержит 73 таблицы и 62 рисунка.

### **Содержание работы**

Во введении автором, на основе анализа отечественных и зарубежных публикаций, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертации, а так же определены методы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе автор анализирует современное состояние ЭЭС Ирака, отмечая, в частности, что развитие электроэнергетических сетей республики ведет к получению сложнзамкнутой и многоуровневой системы, которая не может функционировать без жестких механизмов управления.

Даны предложения по использованию элементов интеллектуальных сетей в системе электроснабжения Республики Ирак.

Автор отмечает, что в семидесятых годах прошлого века была создана централизованная система генерации и распределения электроэнергии, охватившая большую часть территории страны. Количество производимой электроэнергии в Ираке вдвое превышало потребности страны, избыток её экспортировался в соседнюю Турцию. После 1991 г., из-за войны и экономической блокады, электроэнергии для внутреннего потребления стало недостаточно.

Автор приводит общую характеристику ЭЭС Республики Ирак, в том числе, по классам напряжений, отмечает значительный уровень технологических потерь в ЭЭС. Так в системе производства электроэнергии он составляет 10-17%, транспортировки – 13-44%, распределения – до 70%.

На основании выполненного анализа обосновывается необходимость иметь в ближайшей перспективе мощную управляющую систему, согласовывающую между собой работу всех многочисленных компонентов сети, подчёркивается важность разработки сетевых полностью управляемых компонентов, снабжённых системами самодиагностики и мониторинга, а также надёжными каналами передачи и приема информации, что позволит обеспечить управляемость и повысить передающую способность сетей.

Поскольку основным направлением совершенствования существующих распределительных сетей Республики Ирак автор выбирает создание управляемых линий электропередачи и оборудования для них, то во второй главе выполнен аналитический обзор активного электротехнического сетевого оборудования (FACTS), которое способно гибко менять характеристики передачи или преобразования электроэнергии и, тем самым, оптимизировать режимы сети сразу по нескольким критериям: пропускной способности, уровню технологических потерь, устойчивости, перераспределению потоков мощности, качеству электроэнергии и другим. В частности, рассмотрены устройства FACTS первого и второго поколений и проведены расчеты режимов работы системы элек-

троснабжения Ирака на примере распределительных сетей провинции Дияла без элементов FACTS и с их различной комбинацией, по результатам которых определено влияние устройств FACTS на изменение уровней напряжения и потери мощности в электрических сетях. В результате моделирования автором установлено, что все рассмотренные варианты использования элементов FACTS приводят к снижению потерь мощности в распределительных сетях.

В третьей главе прорабатывается основная идея диссертационной работы: возможность использования потенциальной энергии воды водонапорных башен для повышения качества электрической энергии распределительных электрических сетей путем установки гидравлических микротурбин, сочленённых с генераторами, что позволит получить необходимые активную и реактивную мощности для регулирования режимов работы систем электроснабжения напряжением 11 кВ в часы наибольшего спроса электрической нагрузки, которые совпадают со временем наибольшего расхода воды в водопроводных сетях. Поскольку идея использования потенциальной энергии воды водонапорных башен, по физической сущности, близка к идее гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), то автор использует известные для ГАЭС соотношения для гидроэнергетических расчётов микроГЭС, получающих напор воды от водонапорных башен.

В частности, автор предлагает устанавливать микроГЭС с турбинами типа LucidPipe, генерируемую электроэнергию которых предлагается использовать для регулирования режимов напряжения и реактивной мощности распределительной сети. Выполненное в программе ETAP моделирование электрической сети и экономические расчёты показывают эффективность реализации такого предложения.

Четвёртая глава работы посвящена сравнительный анализу работы ЭЭС Ирака с учетом распределенной генерации на примере существующих распределительных сетей провинции Дияла.

Предварительно была создана модель электрической сети 11 кВ, расположенной параллельно водопроводной системе, в которой установлены микроГЭС. Автором выполнен расчет исходной модели без подключения микроГЭС, затем с поочередным подключением микроГЭС в узлах схемы, при этом оценивались потери напряжения и мощности в сети. Выполненные численные эксперименты, в основном, подтвердили предположения автора о возможности использования распределённой генерации предлагаемыми микроГЭС для эффективного регулирования режимов распределительной электрической сети.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Основные выводы и результаты работы получены лично автором, теоретически обоснованы, подтверждены модельными экспериментами и не противоречат физическим законам. Принятые в работе решения имеют как теоретическая значимость для управления качеством электроснабжения в специфических

условиях Республики Ирак и практическую ценность для повышения энергетической эффективности распределительных электрических сетей республики.

**Наиболее значимыми результатами диссертации**, по-видимому, следует признать: 1) предложенную и обоснованную идею использования потенциала воды водонапорных башен с помощью микротурбин систем водоснабжения и синхронных генераторов в качестве элементов FACTS для управляемой генерации дополнительной электрической энергии, позволяющую повысить энергетическую эффективность распределительных сетей и качество электроэнергии; 2) развитие методов и средств повышения качества электроэнергии и пропускной способности распределительных сетей с использованием нетрадиционных управляемых источников и устройств генерирования корректирующей мощности; 3) показанная путём моделирования в программном комплексе ETAP возможность использования дополнительной реактивной мощности указанных источников FACTS для повышения пропускной способности распределительных электрических сетей напряжением 11 и 33 кВ и оценка энергетического потенциала вводимых источников; 4) адаптированная для расчёта гидроэнергетических характеристик вводимых микроГЭС методика расчета гидроаккумулирующих электростанций.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается теоретической обоснованностью и совпадением результатов выполненных расчётов с модельными экспериментами и непротиворечивостью основных выводов физическим законам.

**Основные практические результаты**, по моему мнению, заключаются в том, что использование разработанных методов регулирования режимов распределительных сетей в энергосистеме Ирака на основе микроГЭС позволит при минимальных капиталовложениях повысить пропускную способность сети и обеспечить необходимое качество напряжения у потребителей. Основные результаты работы приняты к использованию в проектных и проектно-изыскательских организациях в области электроэнергетики Республики Ирак, что подтверждено актами, представленными электроэнергетическими компаниями Ирака «Barakt Alqateef Co.» и «Arty Almthabra Co.».

Материалы диссертации достаточно полно отражены в 7 публикациях, в том числе в 2 статьях ведущих рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК для публикации по диссертационным исследованиям, а содержание автореферата в достаточной степени отражает содержание диссертационной работы.

#### **Замечания по работе**

1. Разделы 1 и 2 перегружены материалами описательного характера.
2. В разделе 2 с помощью программного комплекса RS-3 выполнен анализ режимов электрической сети провинции Диала при использовании различных типов FACTS, однако сведения об используемой математической модели и, соответственно, о принятых при математическом описании допущениях отсутствуют.



3. В разделе 3 хотелось бы иметь более конкретную оценку общего энергетического потенциала предложений автора при их реализации в масштабах всей страны.

4. Автор по тексту часто говорит о требованиях к качеству электроэнергии, однако не упоминает, каким документом оно регламентируется в Республике Ирак.

5. Из возможных показателей качества электроэнергии автор исследует фактически только отклонение напряжения от номинального значения.

#### **Заключение по работе**

Отмеченные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертации, которая представляет собой завершённую научно-квалификационную работу.

Диссертация может квалифицироваться как работа, содержащая новое решение задачи, имеющей существенное значение для повышения энергетической эффективности распределительных сетей.

Считаю, что диссертационная работа Аль Зухайри Али Мохаммеда Кадхима по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости результатов соответствует требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней (п.п. 9,10,11) в части, касающейся кандидатских диссертаций, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Официальный оппонент, заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий» ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», д.т.н., профессор



Владимир Николаевич Горюнов  
05.06.2015 г.

644050, Российская Федерация, г.Омск, пр-т Мира, д. 11  
Телефон: (3812) 65-36-82, (3812) 21-75-25  
E-mail: kpk@эспп.рф

Подпись Горюнова В.Н. заверяю  
Ученый секретарь ОмГТУ Немцова А.Ф.

