

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной  
и инновационной работе

ФГБОУ ВО УГНТУ

д.т.н., профессор

Ибрагимов И.Г.

« 12 » 10 2023 г.



### ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» на диссертационную работу Павлова Николая Владимировича «Обеспечение баланса мощности в электрической сети нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации, использующими попутный нефтяной газ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

#### 1. Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Павлова Н.В. посвящена решению актуальной научно-технической задачи совершенствования теории и практики управления балансом мощности в электрической сети нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации. В последнее время отмечается рост применения автономных электростанций, работающих на попутном нефтяном газе, что приводит к изменению структуры источников питания электрических сетей, образованию электрических систем нефтепромыслов с распределенной генерацией энергии. Такие системы имеют определенные особенности, которые надо учитывать при решении вопросов управления режимами и процессами электротехнических систем нефтепромыслов. В соответствии с «Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2035 года» требуется повышение уровня автоматизации технологических процессов; повышение надежности электроэнергетических объектов; развитие алгоритмов управления этими объектами и процессами. При этом необходимо учитывать ключевые особенности обеспечения баланса мощности и качества электрической энергии в децентрализованной электрической сети нефтегазодобывающих предприятий при различных режимах работы объектов распределенной генерации.

В этой связи решение научно-технической задачи в диссертационной работе Павлова Николая Владимировича обеспечения рационального баланса мощности в электрической сети нефтепромыслов с объектами распределенной генерации энергии представляется актуальной задачей, имеющей важное значение для повышения энергоэффективности отрасли и соответствует направлениям государственной политики Российской Федерации в области энергетики.

## **2. Научная и практическая значимость результатов диссертационного исследования**

В ходе выполнения диссертационной работы соискателем получены следующие основные научные результаты:

1) структура модели электротехнической системы нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации, отличающаяся от существующих тем, что учитывает характеристические признаки элементов, системы, связанные с балансом мощности и балансом топлива;

2) принципы взаимодействия элементов модели электротехнической системы нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации, отличающиеся от существующих тем, что учитывают специфику генерирующих установок малой и средней мощности, работающих на нефтепромыслах;

3) методика обеспечения баланса мощности в электрической сети нефтегазодобывающего предприятия, отличающаяся от существующих тем, что учитывает использование добываемого попутного нефтяного газа для генерации электроэнергии и позволяет на основе этих данных корректировать электрические режимы электротехнической системы нефтегазодобывающего предприятия;

4) цифровая модель электротехнической системы нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации.

Научная ценность работы состоит в решении актуальной научной задачи, заключающейся в разработке научно-методического обоснования моделирования ЭТК нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации, позволяющего обеспечить баланс мощности в электрической сети при внедрении генерирующих установок малой и средней мощности, использующих попутный нефтяной газ. Составляющими научной новизны являются: разработка структуры модели электротехнической системы нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации, учитывающей в качестве ключевых наблюдаемых параметров дебит нефтегазовой смеси и расход добываемого попутного нефтяного газа; разработке математического и алгоритмического обеспечения взаимодействия агентов мультиагентной модели электротехнического комплекса нефтегазодобывающего предприятия, с учетом зависимости процессов генерации и потребления электрической энергии от технологического процесса добычи нефти и газа

Практическая значимость работы заключается в разработке цифровой модели электротехнического комплекса нефтегазодобывающего предприятия с генерирующими установками малой и средней мощности, позволяющей учитывать параметры нефтегазовых месторождений в различных сценариях электрических режимов электротехнической системы нефтегазодобывающего предприятия; в разработке физической модели электротехнического комплекса нефтегазодобывающего предприятия с генерирующими установками малой

мощности, позволяющей натурно оценивать баланс мощности в электрической сети на лабораторном стенде.

Результаты работы используются группой предприятий «СПУТНИК», ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», а также при разработке интеллектуальных станций управления в НИОКТР в рамках Постановления №218 Правительства РФ от 09.04.2010 г. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90092 «Обеспечение надежности при оперативном управлении режимами функционирования электротехнических комплексов на месторождениях нефти и газа».

Разработанная мультиагентная модель ЭТК используются в учебном процессе электротехнического факультета ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием апробированного математического аппарата применяемых теорий; сопоставлением результатов расчетов с данными, полученными в результате инструментальных замеров на физической модели (относительная погрешность составляет не более 5%); внедрением результатов диссертационной работы в производственную практику и в учебный процесс.

### **3. Апробация положений диссертационной работы**

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях Всероссийского и международного уровней.

По теме диссертационной работы опубликовано 7 работ (из них 5 работ опубликованы в изданиях, входящих в международные системы цитирования *SCOPUS* и *Web of Science*), 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В опубликованных работах достаточно полно раскрывается содержанием диссертации.

### **4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Представленная в работе мультиагентная модель электротехнического комплекса нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации может использоваться при проектировании технологических объектов предприятий минерально-сырьевой отрасли.

Разработанная методика обеспечения баланса мощности в электрической сети предприятия с учетом использования попутного нефтяного газа для генерации электроэнергии может использоваться нефтедобывающими предприятиями при планировании технологических режимов с целью обеспечения рационального баланса мощности в электрической сети.

## 5. Содержание автореферата

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, методы исследования и результаты работы.

## 6. Замечания по диссертационной работе

1. В предложенном алгоритме обеспечения баланса мощности (рис. 4 в автореферате и рис. 3.3 в диссертации) в случае нехватки мощности на нужды технологического процесса производится аварийное отключение всего электротехнического комплекса. Однако в подобных случаях целесообразнее производить отключение менее ответственных потребителей, сохраняя в работе важные механизмы. Что понимается под аварийной остановкой функционирования ЭТК в алгоритме обеспечения баланса мощности?

2. В работе не очень удачно выбраны буквенные обозначения параметров. Так в выражениях (24) автореферата для обозначения коэффициентов пропорциональности используется буква  $\lambda$ , которая в математике и технике имеет свое общепринятое значение. В тексте диссертации активная мощность обозначается различными буквами –  $P$  и  $N$ . В электротехнике принято активную мощность обозначать как  $P$ .

3. В тексте диссертации не приводится информация о том, каким образом вычисляются необходимые объемы добываемого ПНГ на месторождениях Пермского края и как оценивается потребляемая мощность муниципальных объектов (населенных пунктов, СНТ и прочего), выбранных для питания за счет попутного нефтяного газа. В таблице 3.1 приведены мощности объектов механизированной добычи. Непонятно, почему активные и реактивные мощности не образуют приведенные значения полной мощности.

4. Вызывает вопросы система (59) на стр. 55, в которой небаланс мощности приравнивается к отклонениям напряжения и частоты.

5. В тексте диссертации желательно было привести подробную информацию о том, как используется библиотеки объектов из приложений А и Б.

## 7. Заключение

Диссертационная работа Павлова Николая Владимировича выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, полученные результаты являются новыми и имеют научную и практическую значимости. Достоверность результатов подтверждается их согласованностью с результатами эксперимента на физической модели ЭТК и с результатами экспериментов по сжиганию попутного нефтяного газа на лабораторном стенде.

Диссертационная работа соответствует п.14 Положения о присуждении ученых степеней: соискатель в тексте диссертации корректно ссылается на авторов и/или источники заимствования материалов или отдельных результатов; используя результаты научных работ, выполненных лично и/или в соавторстве, соискатель отмечает это обстоятельство в диссертации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».


Отмеченное выше позволяет заключить, что диссертационная работа Павлова Николая Владимировича соответствует требованиям положения НИТУ «МИСиС», предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автор диссертационной работы Павлов Николай Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Диссертационная работа Павлова Николая Владимировича «Обеспечение баланса мощности в электрической сети нефтегазодобывающего предприятия с объектами распределенной генерации, использующими попутный нефтяной газ», автореферат и отзыв обсуждены на заседании кафедры электротехники и электрооборудования предприятий ФГБОУ ВО «УГНТУ», протокол № 2 от «9» 10 2023 г.

**Председатель заседания**

Заведующий кафедрой электротехники  
и электрооборудования предприятий,  
доктор технических наук, доцент

  
12.10.2023  
Хакимьянов  
Марат Ильгизович

**Отзыв составил**

Доцент кафедры электротехники  
и электрооборудования предприятий,  
кандидат технических наук, доцент

  
Хазиева  
Регина Тагировна

Подписи Хакимьянова М.И. и Хазиевой Р.Т.  
заверяю, начальник ОРП

О.А. Дадаян

**Сведения об организации:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ).

Почтовый адрес: 450062, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов 1.

Тел.: (347) 242-03-70; факс: (347) 243-14-19

E-mail: [info@rusoil.net](mailto:info@rusoil.net); <http://www.rusoil.net>

Докторская диссертация Хакимьянова М.И. защищена по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Кандидатская диссертация Хазиевой Р.Т. защищена по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.