

Крюков Андрей Васильевич,
д.т.н., профессор, Иркутский государственный университет путей сообщения,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
e-mail: and_kryukov@mail.ru

Коновалов Юрий Васильевич,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: yrvaskon@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Kryukov A.V., Konovalov Y.V.

APPLICATION OF INTELLECTUAL TECHNOLOGIES FOR ELECTRICAL ENGINEERING COMPLEXES AT OIL AND GAS PRODUCTION ENTERPRISES

Аннотация. Рассмотрен мультиагентный подход к управлению режимами систем электроснабжения предприятий нефтегазовой отрасли. Предложена методика определения параметров эффекторов для управления напряжением и потоками реактивной мощности.

На основе компьютерного моделирования показано, что предложенная технология моделирования позволяет определить параметры эффекторов, обеспечивающих управление напряжением и реактивной мощностью в системе электроснабжения промышленной подстанции.

Ключевые слова: интеллектуальные технологии, нефтегазодобывающие предприятия, мультиагентные технологии управления.

Abstract. Multi-agent approach to management of the modes of systems of power supply of the enterprises of oil and gas branch is considered. The technique of determination of parameters of effectors for management of tension and streams of jet power is offered.

On the basis of computer modeling it is shown that the offered technology of modeling allows to determine parameters of the effectors providing management of tension and jet power in the system of power supply substation oilfield.

Keywords: intellectual technologies, oil and gas extraction enterprises, multi-agent technologies of management.

Введение. Современный этап развития электроэнергетики характеризуется широкомасштабной разработкой новой концепции функционирования, основанной на использовании технологий интеллектуальных сетей [1–4]. Практическое внедрение этих технологий позволит решить задачи повышения надежности и эффективности электроснабжения потребителей, а также улучшения качества электроэнергии [1, 4].

Технологии интеллектуальных сетей в полном объеме применимы в нефтегазодобывающей отрасли, которые объединяют структуры, разрабатывающие месторождения нефти и газа, а также предприятия по их переработке и транспортировке [5–8].

Мультиагентный подход к управлению объектами электроэнергетики нефтегазодобывающей отрасли. Нефтегазовый сектор является одним из наиболее передовых по внедрению интеллектуальных технологий. В частности, ак-

тивно ведутся работы по созданию «цифровых месторождений», функционирование которых основано на работе с большими базами данных, использовании облачных вычислений и адаптивного управления.

Интеллектуальная система электроснабжения нефтегазодобывающего предприятия (НГДП) должна включать в себя средства, обеспечивающие возможность оперативного управления структурой распределительной сети, выполнять автоматический контроль электропотребления, обеспечивать нормативные значения показателей качества электроэнергии и высокий уровень энергоэффективности.

Новые и более эффективные подходы к управлению режимами систем электроснабжения НГДП могут быть реализованы на основе применения мультиагентных технологий [9–12], в которых управляющие реакции формируются в результате взаимодействия отдельных агентов, представляющих собой программно-аппаратные модули с развитой архитектурой.

Взаимодействующие агенты, образующие мультиагентную систему управления (МАСУ), должны обладать следующими характеристиками [9, 11]:

- агенты обладают определенной независимостью, то есть являются автономными;
- система электроснабжения (СЭС) нефтегазодобывающего предприятия является достаточно сложным объектом и исчерпывающее знание о нём не имеет практического значения для конкретного агента; поэтому отдельный агент не обладает полной информацией, как об объекте управления, так и об окружающей среде;
- в отличие от централизованных иерархических систем в МАСУ не имеется агентов, которые осуществляют управление всем объектом.

Указанные характеристики, даже при простых стратегиях отдельных агентов, обеспечивают реализацию в МАСУ свойств самоорганизации и сложного поведения. Информацию об объекте управления и внешней среде мультиагентная система получает с помощью датчиков и каналов связи. После обработки данных вырабатываются воздействия на исполнительные элементы – эффекторы.

Цель управления режимами СЭС состоит в бесперебойном электроснабжении объектов НГДП. Реализация этой цели требует решение следующих задач:

- обеспечение нормативных показателей качества электроэнергии в узловых точках сети;
- максимально возможное снижение потерь электроэнергии в сетях СЭС;
- обеспечение высокой надежности электроснабжения ответственных потребителей НГДП.

Структура схема МАСУ СЭС показана на рисунке 1, а схема взаимодействия агентов n промышленных подстанций (ПП) $ПП_1 \dots ПП_n$, представлена на рисунке 2.

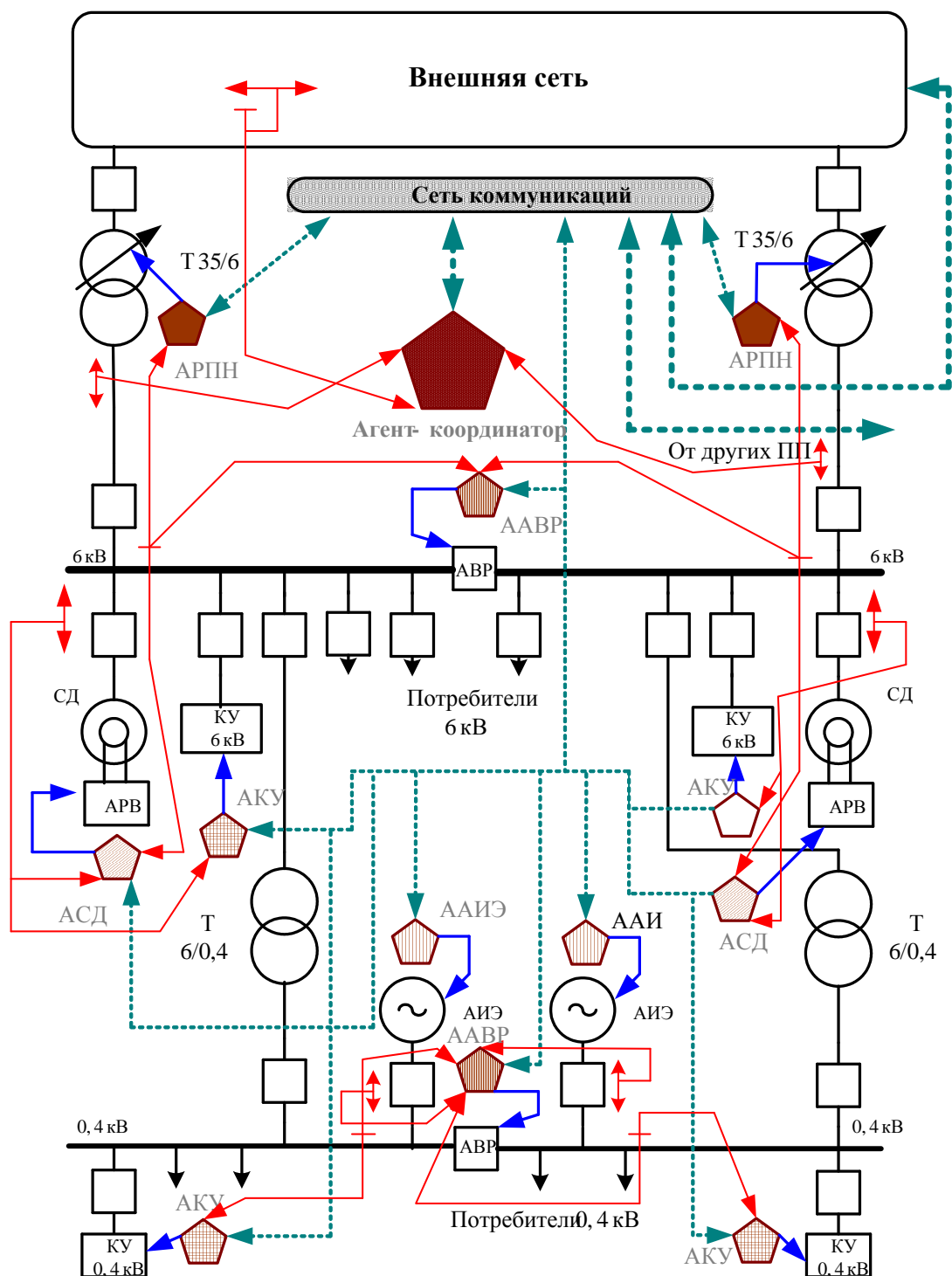


Рисунок 1 – Обобщенная структура МАСУ промышленной подстанции НГДП:
 АИЭ – альтернативные источники энергии; АВР – устройства автоматического ввода резерва; КУ – компенсирующая установка; АРВ – автоматические регуляторы возбуждения синхронных двигателей

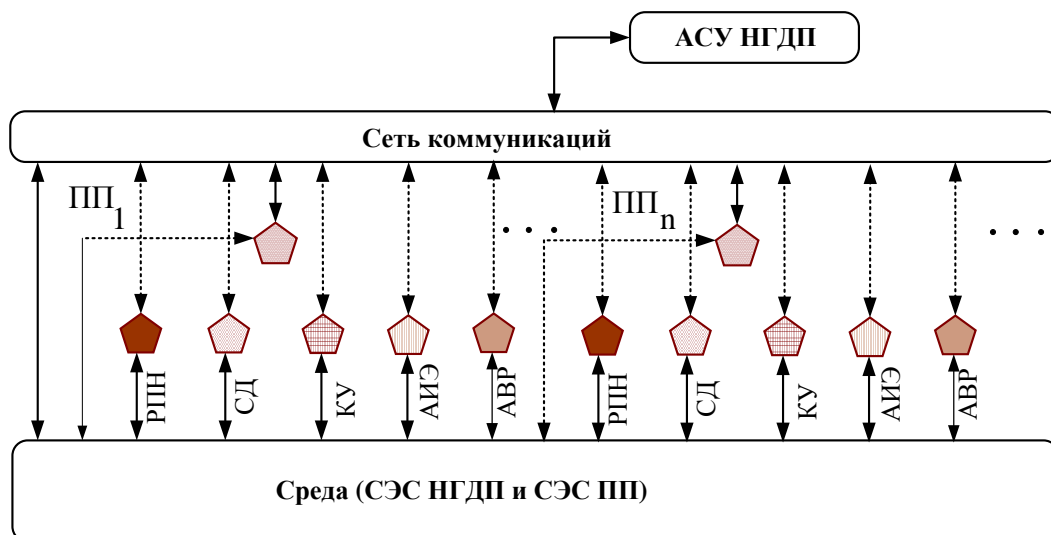


Рисунок 2 – Схема взаимодействия агентов

Для целей МАСУ СЭС НГДП можно использовать следующую формализованную запись:

$$\Delta W \rightarrow \min ;$$

$$\mathbf{IQ} \in \mathbf{D}_{IQEP} ,$$

где ΔW – потери электроэнергии, МВт·ч; \mathbf{IQ} – вектор показателей качества электроэнергии (ПКЭ); \mathbf{D}_{IQEP} – допустимая область для ПКЭ, определяемая по таблицам ГОСТ 32144–2013.

Для того, чтобы агент мог осуществлять целенаправленное поведение необходимо оснащение МАСУ специальными устройствами:

- рецепторами, воспринимающими воздействия, приходящие из внешней среды;
- эффекторами, воздействующими на объект управления.

На схемах, показанных на рисунках 1 и 2, рецепторами являются средства измерений, позволяющие определять синхрофазоры токов и напряжений, а также потоки активных и реактивных мощностей. К эффекторам можно отнести:

- устройства автоматического ввода резервного питания;
- автоматические регуляторы возбуждения синхронных электродвигателей (СД);
- альтернативные источники энергии;
- регулируемые компенсирующие установки;
- устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН).

Массированное внедрение электроприемников с нелинейными вольт-амперными характеристиками, например, частотно-регулируемых электроприводов, может потребовать использования активных кондиционеров гармоник для снижения гармонических искажений. Весьма перспективным является направление, связанное с применением в СЭС НГДП накопителей энергии.

МАСУ включает в свой состав следующий набор агентов:

- агент-координатор, осуществляющий общую координацию работы МАСУ;
- агент, управляющий работой РПН трансформаторов (АРПН);
- агент, регулирующий реактивную мощность синхронных электродвигателей (АСД);
- агент для управления установками компенсации реактивной мощности (АКУ);
- агент, регулирующий установки распределенной генерации (ААИ);
- агент для управления устройствами АВР.

Следует отметить, что многие агенты могут иметь сложную структуру, построенную аналогично структуре МАСУ. Так, например, агент, управляющий работой установок распределенной генерации, может иметь структуру [11-13], показанную на рисунке 3.

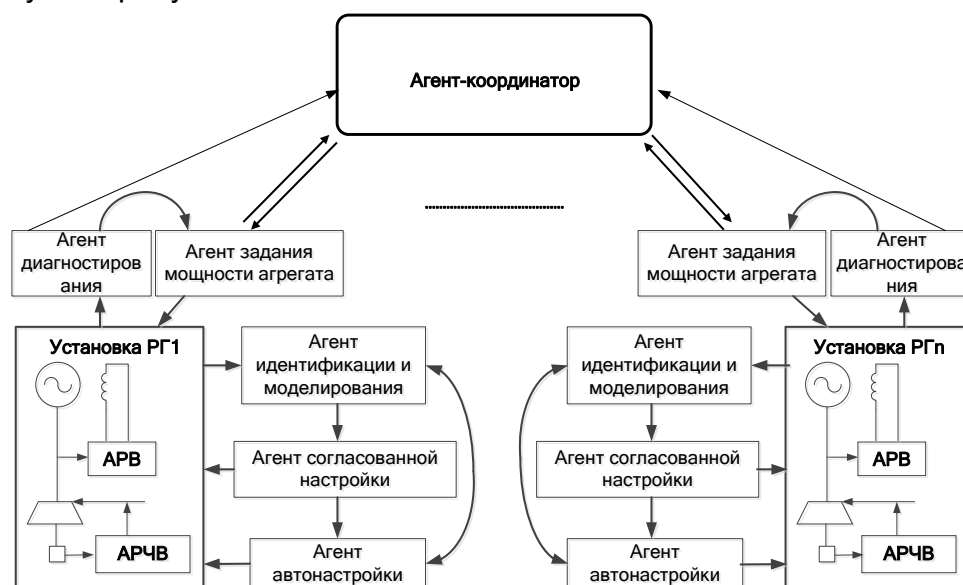


Рисунок 3 – Структура агента ААИ для управления работой установок распределенной генерации:

АРЧВ – автоматический регулятор частоты вращения

МАСУ может работать в условиях неопределённости и является самоорганизующейся системой, в которой агенты способны анализировать не предписанные заранее ситуации и инициировать диалог для выработки наиболее рационального решения.

Определение параметров эффекторов. Первый этап создания МАСУ требует наличия инструментов, которые позволяют определять параметры эффекторов, а также точки их рационального подключения к сетям СЭС НГДП. Такие инструменты могут быть реализованы на базе методов моделирования СЭС, предложенных в работах [14-16].

Ниже, в качестве иллюстрации, рассмотрено применение этих методов

для определения параметров регулируемых источников реактивной мощности (ИРМ), в качестве которых в НГДП могут использоваться:

- синхронные электродвигатели;
- регулируемые батареи статических конденсаторов.

Моделирование осуществлялось с помощью программного комплекса Fazonord применительно к схеме СЭС промышленной подстанции (рисунок 4).

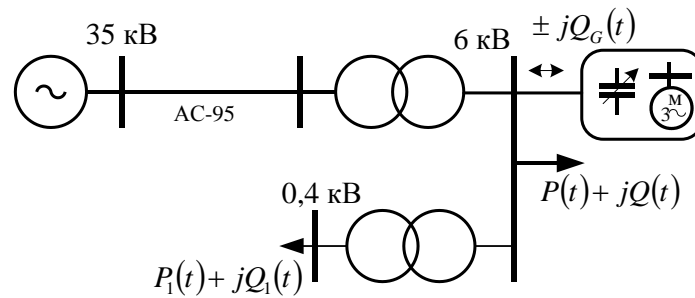


Рисунок 4 – Схема сети

Цель управления состояла в поддержании заданных уровней напряжения на шинах 6 кВ промышленной подстанции. Характер изменения нагрузки во времени задавался графиком, представленным на рисунке 5. Результаты моделирования проиллюстрированы на рисунках 6, 7.

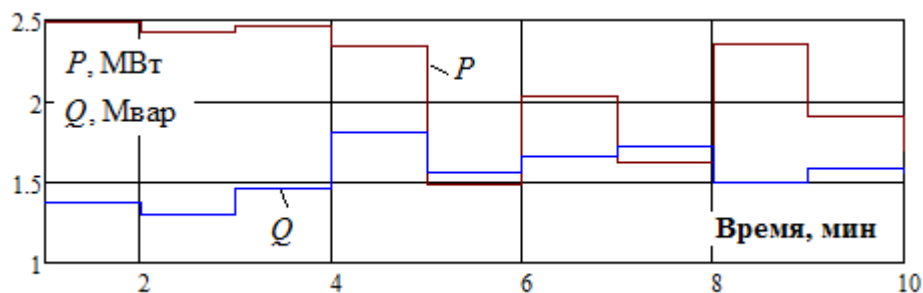


Рисунок 5– График нагрузки (фазные мощности)

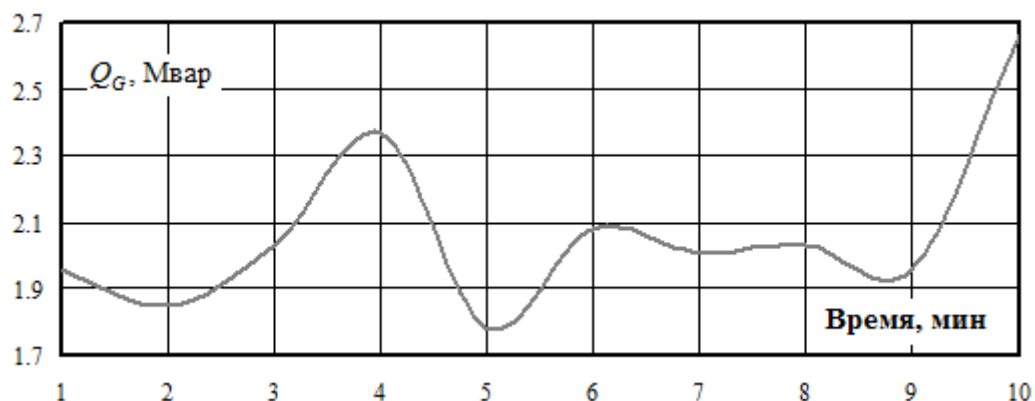


Рисунок 6 – Генерация реактивной мощности ИРМ (фазные параметры)



Рисунок 7– Характер изменения линейных напряжений

Представленные результаты дают возможность сделать следующие выводы.

1. Предложенная технология моделирования позволяет определить параметры эффекторов, обеспечивающих управление напряжением и реактивной мощностью в СЭС промышленной подстанции; на основе этих данных и использования методики, описанной в работе [17], может быть сформирован алгоритм распределения заданий на генерацию реактивной мощности между синхронными двигателями и батареями статических конденсаторов.

2. При отключенных ИРМ наблюдается заметное снижение уровня напряжения на шинах 6 кВ промышленной подстанции, а также его колебания при изменениях нагрузки.

Заключение. Рассмотрен мультиагентный подход к управлению режимами систем электроснабжения предприятий нефтегазовой отрасли. Предложена методика определения параметров эффекторов для управления напряжением и потоками реактивной мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bernd M. Buchholz, Zbigniew A. Styczynski. Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. 396 с.

2. Бердников Р.Н., Дементьев Ю.А., Моржин Ю.И., Шакарян Ю.Г. Основные положения концепции интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью. Общее видение и принципиальные подходы к построению инновационной единой национальной электрической сети (ЕНЭС) // Энергия единой сети. 2012. № 4. С. 4-11.

3. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. М.: ИАЦ Энергия, 2010. 208 с.

4. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Черепанов А.В. Интеллектуальные технологии управления качеством электроэнергии. Иркутск: Издательство ИрНИ-

ТУ, 2015. 218 с.

5. Устинов Д.А., Коновалов Ю.В., Плотников И.Г. Паспортизация электрических нагрузок нефтегазодобывающих предприятий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. 2012. № 1. С. 81-84.

6. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Устинов Д.А. Внедрение технологий интеллектуальных электрических сетей на нефтедобывающих предприятиях // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2011. С. 4-11.

7. Гольдштейн В.Г., Можаяев В.Д., Романов В.С. Интеллектуальный подход к построению электроснабжения нефтяной отрасли // Ашировские чтения. № 4-4 (8). Т. 2. 2016. С. 333-337.

8. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А. Проблемы обеспечения энергетической безопасности предприятий минерально-сырьевого комплекса // Записки Горного института. Т. 217. 2016. С. 132-139.

9. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход/ М.: Вильямс, 2007. 1408 с.

10. Радченко И.А. Интеллектуальные мультиагентные системы. СПб.: Балт. гос. техн. ун-т. 2006. 88 с.

11. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Куцый А.П. Мультиагентные технологии управления в системах электроснабжения магистральных железных дорог // Системы. Методы. Технологии. № 1(37). 2018. С. 56-65.

12. Bulatov Yu. N., Kryukov A.V., Suslov K.V. Multi-agent technologies for control of distributed generation plants in the isolated power systems // Far East Journal of Electronics and Communications. 2017. Vol. 17. N. 5. P. 1197-1212.

13. Bulatov Yu.N., Kryukov A.V. A multi-agent control system of distributed generation plants // Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2017. IEEE Conference Publications. 2017. pp. 1-7.

14. Закарюкин В.П., Крюков А.В. Сложнонесимметричные режимы электрических систем. Иркутск: Изд-во Иркут. унта. 2005. 273 с.

15. Zakaryukin V., Kryukov A., Cherepanov A. Intelligent Traction Power Supply System // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. EMMFT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol 692. Springer, Cham. P. 91-99.

16. Zakaryukin V.P., Kryukov A.V. Multifunctional Mathematical Models of Railway Electric Systems // Innovation & Sustainability of Modern Railway – Proceedings of ISMR'2008. Beijing: China Railway Publishing House, 2008. P. 504-508.

17. Коновалов Ю.В. Оптимизация режимов работы электротехнических комплексов с синхронными двигателями в современных условиях ценообразования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 12. С. 149–163.