

УДК 621.316.1.05

Паскарь Иван Николаевич, старший преподаватель, **Москалева Ксения Алексеевна**, магистрант

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: paskar-ivan@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ СЭС КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПОСРЕДСТВОМ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА

***Аннотация:** В настоящее время развитие электроэнергетики направлено в сторону интеллектуальных технологических решений. Одним из перспективных направлений является развитие мульти-агентных систем (МАС). На примере объектов энергосистемы Кемеровской области рассмотрена структура МАС, ее возможности и перспективы внедрения в систему электроснабжения.*

***Ключевые слова:** Имитационное моделирование, мультиагентные системы, оптимизация СЭС.*

***Информация о статье:** принята 08 мая 2020 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-1-45-52*

Современное развитие энергокомплекса России является одним из приоритетных направлений, реализация которого определяет энергетическую безопасность и стабильное развитие экономики страны. Становление энергетики в новых условиях развития экономики напрямую связано с повышением энергоэффективности и энергосбережения, что согласуется с Федеральным законом от 2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности». Главной целью данного закона является организация правовых, экономических и организационных положений, направленных на стимулирование энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) занимает главенствующие позиции в структуре российской экономики. В России ТЭК определяет значительную часть государственного бюджета – две трети экспортных доходов, более 50% налоговых доходов и около 30% ВВП, поэтому векторы повышения энергоэффективности направлены в сторону развития и совершенствования ТЭК страны. Основными направлениями перспективного развития отраслей ТЭК России в соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2035 года» являются:

- продвижение по пути инновационного, интеллектуального и энергоэффективного развития;
- изменение структуры и масштабов производства энергоресурсов;
- реализация конкурентоспособности секторов экономики;

– объединение с мировой энергосистемой. Таким образом, в рамках данной стратегии предусматривается оптимизация структуры производства, потребления и экспорта топливно-энергетического ресурса с учетом требований энергетической безопасности, экономичности и энергоэффективности.

Кемеровская область как субъект Российской Федерации является одним из крупнейших промышленных регионов с высоким экономическим потенциалом. Кузбасс является кладом особого по составу и качеству сырья, который определяет природно-ресурсный потенциал региона. Кемеровская область занимает второе место в России по запасам такого полезного ископаемого, как уголь, который подходит для добычи открытым способом. Поэтому главной отраслью экономики региона занимает ТЭК. На долю Кузбасса приходится производство более половины (56%) всего добываемого угля в России и добыча 76% углей коксующих марок. [1,2] Кроме того, ТЭК Кемеровской области представлен металлургической, химической, машиностроительной промышленностями и энергетикой, которая представлена одной из крупнейших компаний, находящейся в составе холдинга РАО ЕЭС России, – ОАО «Кузбассэнерго». На сегодняшний день энергосистема области включает в себя 13 электростанций, установленная электрическая и тепловая мощность которых составляет 5430,34 МВт [3]:

- Западно - Сибирская ТЭЦ (АО «ЕВРАЗ ЗСМК») – 600,00 МВт;
- Ново-Кемеровская ТЭЦ (ООО «СГК») – 580,00 МВт;

- ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» (ПАО «Мечел») – 554,00 МВт;
- Кемеровская ГРЭС (ООО «СГК») – 485,00 МВт;
- Кузнецкая ТЭЦ (ООО «СГК») – 108,00 МВт;
- ООО «Центральная ТЭЦ» – 100,00 МВт;
- ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод» – 91,00 МВт;
- Кемеровская ТЭЦ (ООО «СГК2») – 80 МВт;
- Томь-Усинская ГРЭС (ООО «СГК») – 1345,4 МВт;
- Беловская ГРЭС (ООО «СГК») – 1260,00 МВт.
- ГТЭС Новокузнецкая (ООО «СГК») – 297,4 МВт;
- ТЭЦ АО «Каскад-Энерго» – 9,5 МВт;
- КЭС ПАО «Кокс» – 12,0 МВт.

Протяженность электрических сетей по цепям, включающим в себя все классы напряжений, составляет 53 тыс. км. На балансе электросетевых предприятий энергосистемы находится 12,6 тыс. электроподстанций класса напряжения 500-600 кВт. [4,5]

Вместе с этим энергосистема Кузбасса столкнулась с определенными проблемами. Большинство подстанций энергосистемы Кузбасса испытывает острый дефицит трансформаторной мощности, что исключает возможность подключения новых потребителей в некоторых узлах. В период прохождения максимума нагрузки у подстанций напряжением 35 кВ и выше наблюдается недопустимый уровень перегруза трансформаторов. Также выявлена низкая пропускная способность электрических сетей 110-220 кВ. [6]

Суммарная выработка электростанций Кузбасса в декабре 2018 года составила 2210,5 млн кВтч, что на 15,4% меньше выработки за декабрь 2017 года. Потребность в электроэнергии на территории энергосистемы региона покрывалась за счет перетока электроэнергии по межсистемным линиям электропередачи из смежных энергосистем.

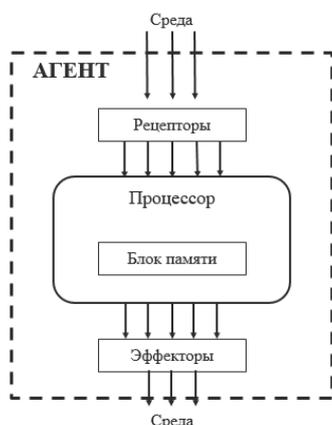


Рис. 1. Структура интеллектуального агента
Fig. 1. Intelligent Agent Structure

Для повышения качества услуг в области электроснабжения, а также в целях обеспечения надежности и доступности использования электроэнергии появляется переход на цифровые и интеллектуальные технологии. Это новый взгляд в области энергетики, который связан внедрением информационных технологий и средств телекоммуникации. Согласно государственной программе «Энергоэффективность и развитие энергетики», ориентация развития электросетевого комплекса направлена на переход к энергетике нового поколения с опорой на новые технологии с высокоэффективным использованием существующих энергоресурсов. Новая энергетика ориентирована на развитие ВИЭ, распределенной генерации и интеллектуальных сетей. По мнению ведущих специалистов, одним из наиболее перспективных подходов к управлению ЭЭС является внедрение мультиагентной системы (МАС).

МАС – это система, которая образована совокупность множества интеллектуальных агентов, находящиеся в постоянном взаимодействии и способные оказывать влияние друг на друга и на внешнюю среду. Базовым понятием, которое лежит в основе мультиагентного подхода, является агент. [7] в теории МАС под агентом понимают активный объект, который наделен некоторой долей субъективности, способный взаимодействовать с другими подобными себе объектами, а также воспринимать все изменения, происходящие во внешней среде и оказывать влияние на эту среду. Иными словами, агент – это искусственный интеллект, находящийся на более высоком уровне сложности по сравнению с другими традиционными объектами энергосистемы. Совокупность таких агентов образует единую систему (МАС).

На современном этапе в ЭЭС мультиагентные системы обзрываются в двух направлениях: как научно-методическая структура, с помощью которой реализуется математическая модель энергосистемы, и как технологическое решение для оптимизации и грамотного управления СЭС.

В основе мультиагентных систем лежит агентное имитационное моделирование. Имитационное моделирование является более универсальным инструментом, которое способно учитывать сложные структуры и поведения объектов. Основное преимущество в данном подходе – это возможность разработки моделей в отсутствии знаний о глобальной зависимости. Такое моделирование находит применение в тех случаях, когда реализация экспериментов над реальной системой нецелесообразна из-за больших финансовых вложений или невозможности проведения эксперимента в реальных условиях. Особо стоит отметить факт, что агентную модель намного проще поддерживать в определенном состоянии, так как все корректировки и уточнения вносятся на местном уровне и не требуют масштабных изменений. [8,9]

O	S	Тип	N_нач	N_кон	N_п	I...	Название	R	X	B	G	Кт/г	N_анц	БД_...	P_нач	Q_нач	Na	I max
		Выкл	3	111			АТ-3 - Реактор 2/3х60								-17 554	-5 485 ...		3 890 994
		Выкл	4	222			АТ-4 - Реактор 1/3х60								19 325	-5 751 ...		3 946 667
		ЛЭП	3	52			АТ-3 - ПС1,ЛС3,ПС 2 наг...	11,20	66,96	250,0					-53 677	60 360		57 866
		ЛЭП	1	11			ПС Ново-Анжерская АТ-...	3,43	68,48	281,4					3 724 856	2 031 614		2 570 655
		ЛЭП	52	53			ПС1,ЛС3,ПС 2 нагрузка ...	4,08	99,29	428,4					-192 342	765 734		65 696
		ЛЭП	53	7			ПС Анжерская - ПС Яшки...	5,56	33,22	122,0					-29 45...	84 130 ...		2 861 186
		ЛЭП	7	8			ПС Яшкинская, ПС ЯЦЗ - ...	1,80	10,76	39,5					1 436 8...	-7 290 ...		23 501 ...
		ЛЭП	8	91			Тальменка, Литвиново, ...	1,80	10,76	39,5					327 36...	3 626 4...		7 497 448
		ЛЭП	91	92			ПС Юргинская+ПС Лите...	0,39	1,31	5,4					2 702 2...	6 715 4...		9 904 658
		ЛЭП	91	94			ПС Юргинская+ПС Лите...	0,49	0,17	1,2					15 274 ...	5 606 8...		22 260 ...
		ЛЭП	91	10			ПС Юргинская+ПС Лите...	22,91	7,83	56,9					-2 383 ...	-837 4...		3 456 449
		Тр-р	11	10			ПС Юрга - ПС Прокопов...					0,440			-614 4...	99 054 ...		188 82...
		ЛЭП	11	12			ПС Юрга - Энергоистем...	3,35	66,86	274,6					-923 3...	185 65...		1 821 887
		ЛЭП	4	13			АТ-4 - ПС Крохалевак...	3,69	34,35	112,2					-6 232	-24 156		17 119

Рис. 2. Расчетные параметры энергосистемы Кемеровской области
 Fig. 2. The calculated parameters of the power system of the Kemerovo region

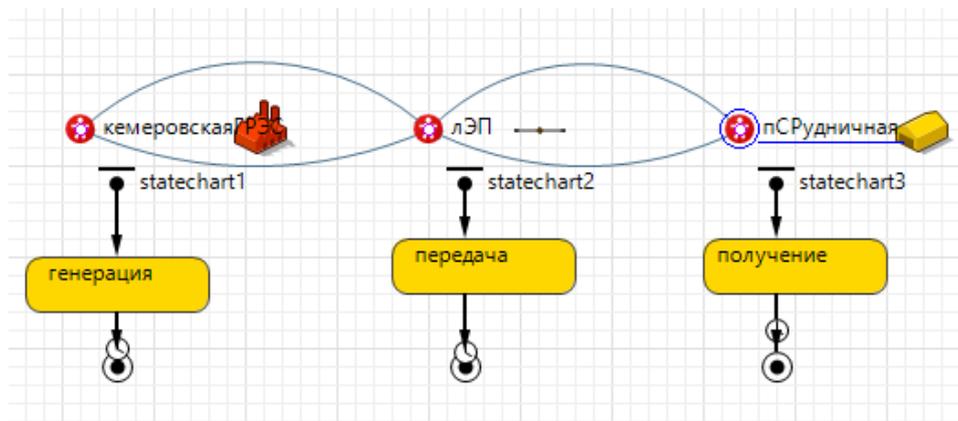


Рис. 3. Мультиагентная схема участка энергорайона Кемеровской области
 Fig. 3. Multi-agent scheme of the energy district of the Kemerovo region

В современной науке на базе агентного имитационного моделирования и теорий МАС активно разрабатываются мультиагентные технологии, наделенные интеллектом. По экспертным оценкам, до 80% информации, которой располагают компании, не структурировано, и именно интеллектуальные решения являются эффективным и надежным инструментом для систематизирования данных. Базовый набор устройств, который позволяет реализовать работу агентов, включает в себя (рис.1):

- Рецептор – прием информации из среды и ее первичная обработка;
- Эффектор – воздействие на среду, выдача информации в символической форме, а также поддержание внутренней среды;
- Процессор – переработка данных, принятие решений о тех или иных действиях;
- память – хранение информации о самом агенте и о состоянии среды.

Рецепторы являются составной частью восприятия агента, обеспечивая прием и в дальнейшем первичную обработку данных, которые поступают к агенту как из внешней, так и из внутренней среды. Затем полученные результаты отправляются в блок памяти агента. Рассматриваемая система способна контролировать деятельность агента с помощью выявления различий между его текущими и ожидаемыми

состояниями. При этом требуется, чтобы память агента содержала информацию о стандартных реакциях на сигналы от рецептора, сведения о текущем состоянии эффектора и о располагаемых ресурсах. Необходимо, чтобы память агента включала в себя программы переработки входных данных в управляющие сигналы, отправляемые на эффекторы, а также следствия реакций агента на внешние условия [10].

Устройство памяти, как правило, состоит из трех основных компонентов, к которым относятся модель самого агента, модель внешнего мира и система фильтров, выделяемая наиболее значимую информацию. В итоге сложность и характер поведения самого агента, степень его автономности и разнообразие содержащихся знаний определяется объемом памяти агента.

Устройство обработки информации (процессор) осуществляет организацию и переработку различных параметров, составление соответствующих реакций на результаты о состоянии среды, а также быстрое принятие решений о выполнении последующих действий. При этом главной особенностью любого агента является возможность выбора соответствующих действий при заданных ему ограничениях.

Самая важная функция эффектора – это осуществление воздействия на среду. Например, этого можно достичь перемещением объектов

внешней среды, отображением информации в символическом формате или же поддержанием необходимого состояния агента и т.д.

Рассмотренная агентная платформа с базовыми компонентами обеспечивает работу всех агентов, составляющих МАС [11,12]. Основными функциями агентной платформы, с помощью которых реализуются основные механизмы, являются:

- обеспечение непрерывного взаимодействия агентов;
- осуществление передачи информации между агентами внутри платформы на всех уровнях;
- осуществление взаимодействия между агентами различных платформ;
- организация управления агентами;
- нахождение информации об агенте и данных, которыми они обладают внутри системы;
- координации жизненного цикла агента;
- создание условий безопасности.

Благодаря структуре интеллектуального агента представляется возможным задавать индивидуальные цели, стратегии, предпочтения, ограничения и другие параметры для каждого пользователя, ресурса и любого другого элемента системы [13,14].

В России внедрение МАС рассматривается на законодательном уровне, что согласуется с «Энергетической стратегией России на период до 2035 года», направленной в сторону развития электросетевого комплекса по пути цифровизации и интеллектуализации. Согласно данной стратегии, электроэнергетика России сталкивается с серьезными проблемами:

- низкий темп роста и рецессия экономики;
- истощение существующих месторождений;
- высокий износ производственных фондов;
- технологическое отставание топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и уровня развитых стран.

В части развития энергосетевого комплекса Кемеровской области приоритетным направлением также является переход на передовые цифровые и интеллектуальные технологии, что позволит региону занять лидирующие позиции и выйти на новый рынок высокотехнологичной продукции. [6] Во многом именно МАС позволят реализовать производственный потенциал перспективного развития и решить поставленные перед современной электроэнергетикой задачи:

- повышение качества и стабильности передаваемой электроэнергии;
- развитие возобновляемых источников энергии;
- проблемы развития промышленности городов и поселенных пунктов, находящихся на удаленных территориях;

- механизацию и автоматизацию в процессы производства и распределения электроэнергии;
- достижение высокой степени оптимизации в распределении и потреблении электроэнергии;
- сохранение целостности ЭЭС.

Как уже отмечалось ранее, энергосистема Кемеровской области нуждается в реформировании и модернизации. Прежде всего это вызвано дефицитом электроэнергии, который покрывается потоками от смежных регионов, наличием энергоемких предприятий на территории области, а также преобладанием устаревшего оборудования. Для того, чтобы осуществить полный анализ электрических сетей и систем Кемеровской области, необходимо произвести расчеты в программном комплексе RastrWin. Данная платформа предназначена для проведения расчетов, анализа и решения задач по оптимизации СЭС и используется во многих организациях на территории России. Основными возможностями RastrWin являются:

- Расчет установившихся режимов электрических сетей различных уровней сложности и классов напряжений.

- Расчет параметров режимов работы (токи, напряжения, потоки и потери активной и реактивной мощности во всех узлах и ветвях электрической сети).

- Оптимизация электросети по напряжению, потерям мощности и распределению реактивной мощности.

- Расчет положений регуляторов трансформатора под нагрузкой (РПН) и положений вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ).

- Выявление предельных режимов энергосистемы, определение опасных сечений.

- Проведение всевозможных расчетов аварийных ситуаций различной сложности.

- Моделирование отключения ЛЭП, включая одностороннее, и расчет напряжений на открытых концах.

- Анализ допустимой токовой загрузки ЛЭП и трансформаторов, в том числе с учетом зависимости допустимого тока от температуры.

- Оценка состояния энергосистемы на основе данных измерения.

На примере северного района Кузбасского энергокомплекса производился расчет в ПО RastrWin с целью определения «узких мест» и выявления аварийных ситуаций в энергосистеме (рис. 2).

В результате проведенного анализа режимов работы энергосистемы было принято решение о необходимости внедрения оптимизационного

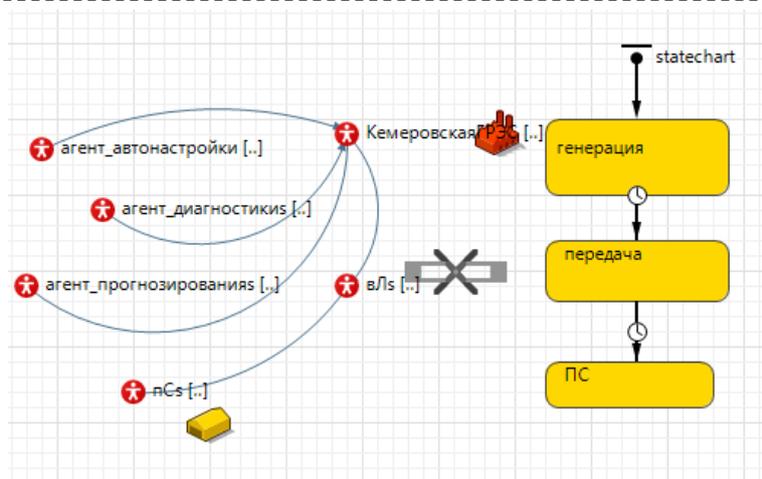


Рис. 4. Структура системы управления электроснабжением с внедрением элементов MAS
 Fig. 4. The structure of the power supply management system with the introduction of MAS elements

мероприятия. Таковым послужит мультиагентная технология. Для того, чтобы наглядно представить работу СЭС, включающую в себя агентную платформу, используем программное обеспечение AnyLogic, которое позволит произвести оценку адекватности внедрения оптимизационного мероприятия. AnyLogic – программный комплекс для имитационного моделирования, совмещающий и комбинирующий в себе методы моделирования и средства визуализации так, чтобы создавать простые в поддержке модели без привлечения дополнительных средств.

Так как разработка мультиагентных систем идет по двум основным направлениям: системы, построенные на основе распределенного искусственного интеллекта и системы, организованные на базе агентного имитационного моделирования – то при построении модели энергосистемы, включающей в себя оптимизационное мероприятие, в программном комплексе AnyLogic учитываются эти два аспекта. Рассмотрим организацию управления объектами энергокомплекса Кузбасса с помощью мультиагентного подхода.

Каждый элемент СЭС представляется в виде соответствующего агента. На Рис. 3 изображена мультиагентная схема части энергорайона Кемеровской области, которая представлена является совокупностью трех агентов: агент-Кемеровская ГРЭС, осуществляющий генерацию электрической энергии, агент-ЛЭП, который отражает передачу электроэнергии до конечного потребителя, и агент-ПС Рудничная, который является фактической нагрузкой.

В соответствии с моделируемым объектом в каждый агент вносятся параметры его схемы замещения. Затем устанавливается взаимосвязи между всеми агентами системы для дальнейшей организации их совместных действий. В первую очередь инициатива исходит от агент-нагрузки ПС Рудничная. Он определяет количество необходимой ему электроэнергии и отправляет запрос агенту генерации через агент-ЛЭП. Агент-Кемеровская ГРЭС получает запрос. Проверяет наличие подключенных к его шинам других

нагрузок и наличие свободного ресурса. Агент-ЛЭП в свою очередь, сверяет запрос от агента нагрузки со своими параметрами, определяющие пропускную возможность линии. Агент генерации сравнивает полученные данные с данными запроса. Затем при положительном результате отправляет положительный ответ на запрос агента-ПС Рудничная. Таким образом, осуществляется взаимодействие всех объектов СЭС, каждый из которых владеет определенным набором знаний, и в случае выхода из строя одного агента система примет решение по дальнейшим действиям и по возможности попытается устранить аварию, причем выбранный вариант развития событий будет не столько правильным, сколько предпочтительным и наиболее оптимальным для конкретного случая.

Для оптимизации работы энергосистемы Кузбасса был рассмотрен вариант внедрения в существующую энергосистему интеллектуального технологического решения, которое в программном комплексе представлено в виде совокупности агентов:

- агент диагностики – производит непрерывный анализ работы агрегатов и координирует действия других агентов в случае выхода диагностируемых параметров за допустимые пределы;
- агент прогнозирования- осуществляет прогноз потребления электроэнергии и потерь мощности;
- агент автонастройки – формирует базу знаний о настройке АРВ и АРЧМ (Рис. 4).

Количество агентов может варьироваться в зависимости от поставленных задач и способов их решения.

Агент диагностики посредством рецепторов измеряет параметры объектов энергосистемы, в конкретном случае это может быть анализ выключателей, трансформаторов или же релейной защиты на Кемеровской ГРЭС. Агент диагностики на основе данных о нагрузках способен сформировать прогноз потребления на

дальнейшую перспективу, с учетом ресурсных возможностей объекта генерации. Также данный агент способен выявить особо загруженные участки системы и путем подачи сигнала организовать их разгрузку. Агент автонастройки фиксирует напряжение, частоту и поступающие сигналы от АРВ и АРЧМ для корректировки коэффициентов настройки в зависимости от режима работы системы. Все агенты связаны между собой с помощью каналов связи, благодаря чему осуществляется их непрерывное взаимодействие путем отправки сообщений. [15]

Таким образом, одним из ключевых направлений развития энергетики является цифровизация, которая заключается в внедрении цифровых и интеллектуальных технологий. Данные возможности позволят повысить надежность и эффективность производственных процессов, а также выстроить гибкую, современную и оперативно функционирующую систему производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Достичь подобных результатов возможно с применения мультиагентных технологий, которые могут быть использованы для решения широкого спектра проблем СЭС России, в частности, могут быть востребованными для электроэнергетического сектора Кемеровской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарзанов, И.Г., Итоги работы угольной промышленности России за январь-март 2018 года // Уголь. – 2018. - №7 – С.45-57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/itogi-raboty-ugolnoy-promyshlennosti-rossii-za-yanvar-mart-2018-goda>
2. КУЗБАСС В ЦИФРАХ 2018 // Статистический справочник. – Кемерово, 2018. [Электронный ресурс]. URL: http://kemerovostat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kemerovostat/resources/6e00870040ee1badb2d4b7a3e1dde74c/Кузбасс+в+цифрах+-+2018.pdf
3. Приказ Минэнерго России от 28.02.2018 №121 «Об утверждении схемы и программы развития ЕЭС России на 2018-2024 гг.»
4. Комплексная программа развития электрических сетей на территории Кемеровской области в части развития сетей 35-110кВ на период 2019 -2023 гг.. // Институт проектирования энергетических систем, 2018.
5. Государственная программа Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики" // Паспорт государственной программы Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики". [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499091759>
6. Стратегия социально-экономического развития кемеровской области на период до 2035 года // Проект, 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://kemsu.ru/upload/Стратегия%20КО%202035.pdf?3>
7. Москалева, К.А., Мультиагентные системы: новые возможности в электроэнергетике // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс – 2018. – 2018. – 710.1-710.6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Sibresource/2018/materials/pages/Articles/710.pdf>
8. Булатов, Ю.Н., Крюков А.В., Куцый А.П. Мультиагентные технологии управления в системах электроснабжения магистральных железных дорог // Systems Methods Technologies. Yu.N. Bulatov et al. Multi-agent control ... 2018 № 1 (37) p. 56-65. [Электронный ресурс]. URL: http://brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number-37/56-65.pdf
9. Дерюгин Д.Е., Применение мультиагентных технологий для управления группой роботизированных устройств // Выпускная квалификационная работа – 2017. [Электронный ресурс]. URL: http://se.math.spbu.ru/SE/diploma/2017/mfiit/Derjugin_Denis_Evgenyevich-text.pdf
10. Зайцев И.Д., Многоагентные системы в моделировании социально-экономических отношений: исследование поведения и верификация свойств с помощью цепей Маркова // Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. – Новосибирск, 2014. [Электронный ресурс]. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2014-abstract-cand-zayzev.pdf>
11. Воропай Н.И., Колосок И.Н., Панасецкий Д.А. Мультиагентные технологии в исследовании электроэнергетических систем и управлении ими // ИСЭМ СО РАН – 2014. [Электронный ресурс]. URL: http://www.energystrategy.ru/projects/Energy_21/7-3.pdf
12. Multi-agent systems for power engineering applications – Part I: Concepts, approaches, and technical challenges / S.D.J.McArthur, E.M.Davidson, V.M.Catterson, e.a. // IEEE Transactions on Power Systems, 2007, Vol.22, No.4, p. 1743-1752.
13. Черезов А.В. Мультиагентные технологии: новые возможности для российской электроэнергетики // Состояние и перспективы развития ТЭК России – 2018 – с.166-170. [Электронный ресурс]. URL: <http://federalbook.ru/files/ТЕК/Soderzhanie/Tom%2015/III/Cherezov.pdf>
14. Политика инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Россети» // Протокол № 150 от 23.04.2014. [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosseti.ru/investment/policy_innovation_development/doc/policy.pdf
15. Елохин В.Р., Имитационное моделирование энергетических систем // Вестник ИргТУ – 2013 - №4 – с. 145-150. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/imitatsionnoe-modelirovanie-energeticheskikh-sistem>

OPTIMIZATION OF POWER SUPPLY SYSTEM OF KEMEROVO REGION BY MEANS OF MULTI-AGENT APPROACH

Abstract: Currently, the development of the electric power industry is directed towards intelligent technological solutions. One of the promising areas is the development of multi-agent systems (MAS). On the example of power system objects of the Kemerovo region the structure of MAS, its possibilities and prospects of introduction in system of power supply is considered.

Keywords: Simulation modeling, multi-agent systems, power supply optimization

Article info: received May 08, 2020

DOI: 10.26730/1816-4528-2020-1-45-52

REFERENCES

1. Tarzanov, I.G., Itogi raboty ugol'noy promyshlennosti Rossii za yanvar'-mart 2018 goda // Ugol'. – 2018. - №7 – S.45-57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/itogi-raboty-ugolnoy-promyshlennosti-rossii-za-yanvar-mart-2018-goda>
2. KUZBASS V TsIFRAKh 2018 // Statisticheskii spravochnik. – Kemerovo, 2018. [Elektronnyy resurs]. URL: http://kemerovostat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/kemerovostat-re-sources/6e00870040ee1badb2d4b7a3e1dde74c/Kuzbass+v+tsifrah+-+2018.pdf
3. Prikaz Minenergo Rossii ot 28.02.2018 №121 «Ob utverzhdenii skhemy i programmy razvitiya EES Rossii na 2018-2024 gg.»
4. Kompleksnaya programma razvitiya elektricheskikh setey na territorii Kemerovskoy oblasti v chasti razvitiya setey 35-110kV na period 2019 -2023 gg.. // Institut proektirovaniya energeticheskikh sistem, 2018.
5. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii "Energoeffektivnost' i razvitie energetiki" // Pasport gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii "Energoeffektivnost' i razvitie energetiki". [Elektronnyy resurs]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499091759>
6. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya kemerovskoy oblasti na period do 2035 goda // Proekt, 2018. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://kemsu.ru/upload/Strategiya%20KO%202035.pdf?3>
7. Moskaleva, K.A., Mul'ti-agentnye sistemy: novye vozmozhnosti v elektroenergetike // Prirodnye i intelektual'nye resursy Sibiri. Sibresurs – 2018. – 2018. – 710.1-710.6. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Sibresource/2018/materials/pages/Articles/710.pdf>
8. Bulatov, Yu.N., Kryukov A.V., Kutsyy A.P. Mul'tiagentnye tekhnologii upravleniya v sistemakh elektro-snabzheniya magistral'nykh zheleznykh dorog // Systems Methods Technologies. Yu.N. Bulatov et al. Multi-agent control ... 2018 № 1 (37) p. 56-65. [Elektronnyy resurs]. URL: http://brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number-37/56-65.pdf
9. Deryugin D.E., Primenenie mul'tiagentnykh tekhnologii dlya upravleniya gruppy robotizirovannykh ustroystv // Vypusknaya kvalifikatsionnaya rabota – 2017. [Elektronnyy resurs]. URL: http://se.math.spbu.ru/SE/diploma/2017/mfiit/Deryugin_Denis_Evgenyevich-text.pdf
10. Zaytsev I.D., Mnogoagentnye sistemy v modelirovanii sotsial'no-ekonomicheskikh otnosheniy: issledovanie povedeniya i verifikatsiya svoystv s pomoshch'yu tsepey Markova // Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.13.10. – Novosibirsk, 2014. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2014-abstract-cand-zayzev.pdf>
11. Voropay N.I., Kolosok I.N., Panasetkiy D.A. Mul'ti-agentnye tekhnologii v issledovaniyakh elektroenergeticheskikh sistem i upravlenii imi // ISEM SO RAN – 2014. [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.energystrategy.ru/projects/Energy_21/7-3.pdf
12. Multi-agent systems for power engineering applications – Part I: Concepts, approaches, and technical challenges / S.D.J.McArthur, E.M.Davidson, V.M.Catterson, e.a. // IEEE Transactions on Power Systems, 2007, Vol.22, No.4, p. 1743-1752.

13. Cherezov A.V. Mul'tiagentnye tekhnologii: novye vozmozhnosti dlya rossiyskoy elektroenergetiki // Sostoyanie i perspektivy razvitiya TEK Rossii – 2018 – s.166-170. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://federalbook.ru/files/TEK/Soderzhanie/Tom%2015/III/Cherezov.pdf>

14. Politika innovatsionnogo razvitiya, energosberezheniya i povysheniya energeticheskoy effektivnosti OAO «Rosseti» // Protokol № 150 ot

23.04.2014. [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.rosseti.ru/investment/policy_innovation_development/doc/policy.pdf

15. Elokhin V.R., Imitatsionnoe modelirovanie energeticheskikh sistem // Vestnik IrGTU – 2013 - №4 – s. 145-150. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/imitatsionnoe-modelirovanie-energeticheskikh-sistem>

Библиографическое описание статьи

Паскарь И.Н., Москалева К.А. Оптимизация СЭС Кемеровской области посредством мультиагентного подхода // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 1 (147). – С. 45-52.

Reference to article

Paskar I.N., Moskaleva K.A. Optimization of power supply system of Kemerovo region by means of multi-agent approach. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.1 (147), pp. 45-52.