



Столыпинский  
вестник

Научная статья  
Original article  
УДК 681.518.5

## **ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГОСИСТЕМЫ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ**

INTEGRATION OF INTELLIGENT AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS INTO  
POWER SYSTEMS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

**Крайнов Кирилл Романович**, студент, 4 курс, факультет «Электротехнический», Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара.

**Научный руководитель: Кротков Евгений Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», Самарский государственный технический университет, Россия, г. Самара.

**Krainov Kirill Romanovich**, student, 4th year, Faculty of Electrical Engineering, Samara State Technical University, Russia, Samara.

**Korotkov Evgeny Alexandrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automated Electric Power Systems, Samara State Technical University, Russia, Samara.

### **Аннотация**

Современные энергосистемы сталкиваются с рядом вызовов, таких как нестабильность крупных источников энергии, распределение энергии через децен-

трализованные источники и растущий спрос на энергоэффективность и устойчивость. В результате развития информационных технологий и искусственного интеллекта, интеграция интеллектуальных систем автоматического управления (ИСАУ) в энергосистемы стала все более популярной. В данной статье рассматриваются преимущества и недостатки такой интеграции, а также ее потенциал для развития энергетической отрасли.

### Summary

Modern energy systems face a number of challenges, such as the instability of large energy sources, the distribution of energy through decentralized sources and the growing demand for energy efficiency and sustainability. As a result of the development of information technologies and artificial intelligence, the integration of intelligent automatic control systems (ISAS) into power systems has become increasingly popular. This article discusses the advantages and disadvantages of such integration, as well as its potential for the development of the energy industry.

**Ключевые слова:** энергетика, автоматизация, интеллектуальные системы автоматического управления, кибербезопасность.

**Keywords:** energy, automation, intelligent automatic control systems, cybersecurity

### I. Введение

Энергосистемы являются ключевым элементом современной жизни, поскольку они обеспечивают постоянную подачу энергии, необходимую для функционирования различных сфер нашей жизнедеятельности. Они обеспечивают непрерывный доступ к электричеству и теплу, что позволяет использовать бытовую технику, освещение, отопление, кондиционирование помещений и другие удобства. Энергосистемы также поддерживают экономическое развитие, предоставляя энергию для промышленности и производства товаров и услуг. Они способствуют инновациям и развитию новых технологий, что в свою очередь стимулирует рост экономики и создание рабочих мест. Они также обеспечивают работоспособность других важных отраслей, таких как транспорт и информационные

технологии. Энергосистемы имеют фундаментальное значение для развития современной инфраструктуры и обеспечивают устойчивое развитие общества в целом.

Интеллектуальные системы автоматического управления становятся все более значимыми для энергетической отрасли в современном мире. Они представляют собой технологические решения, которые используются для оптимизации и эффективного управления операциями в энергосистемах.

Можно выделить ряд ключевых тенденций и значимостей использования таких систем:

1. Увеличение доли возобновляемой энергии. С развитием технологий возобновляемых источников энергии, таких как солнечные и ветровые, увеличивается доля таких источников в энергетической системе. Интеллектуальные системы автоматического управления позволяют эффективно интегрировать и управлять этими источниками, оптимизируя их работу и связывая их с традиционными источниками энергии.

2. Сети с умным распределением энергии. Внедрение сетей с умным распределением энергии – это еще одна актуальная тенденция в энергетической отрасли. Такие сети позволяют более эффективно управлять потреблением энергии и включать в них множество различных источников энергии. Интеллектуальные системы автоматического управления играют ключевую роль в мониторинге, оптимизации и клиентской интеграции в этих сетях.

3. Кибербезопасность. В условиях все большей цифровизации энергетических систем возрастает угроза кибератак и нарушений безопасности. В этом контексте интеллектуальные системы автоматического управления играют важную роль в обеспечении кибербезопасности энергетической инфраструктуры. Они помогают в обнаружении, анализе и предотвращении кибератак и восстановлении после них.

4. Оптимизация потребления и управление нагрузкой. Интеллектуальные системы автоматического управления позволяют управлять и оптимизировать

потребление энергии в реальном времени. Оснащенные алгоритмами и искусственным интеллектом, они помогают снизить расходы на энергию посредством оптимизации нагрузки и управления энергетическими потоками в соответствии с текущим спросом и доступностью ресурсов.

## **II. Определение интеллектуальных систем автоматического управления**

Интеллектуальные системы автоматического управления (ИСАУ) - это системы, которые используют алгоритмы и методы искусственного интеллекта для принятия решений и выполнения задач управления в автоматическом режиме. Они объединяют в себе преимущества автоматического управления и возможности, предоставляемые искусственным интеллектом, такие как обнаружение и адаптация к изменяющимся условиям, самообучение и прогнозирование.

Элементы, входящие в состав интеллектуальных систем автоматического управления, могут включать:

1. Сенсоры и датчики. Они собирают информацию о состоянии объекта управления и преобразуют ее в электрический сигнал. Это могут быть датчики температуры, давления, положения, скорости и других параметров.

2. Актуаторы. Это устройства, которые преобразуют электрический сигнал, полученный от контроллера, в физическое действие на объекте управления. Например, это могут быть моторы, клапаны, активные поверхности и прочие устройства.

3. Контроллеры. Они являются "мозгом" ИСАУ и выполняют алгоритмы искусственного интеллекта для принятия решений по управлению объектом. Контроллеры обрабатывают данные от сенсоров, анализируют их и генерируют команды для актуаторов.

4. Алгоритмы искусственного интеллекта. Это основной инструмент ИСАУ, который позволяет системе анализировать данные, принимать решения, обучаться и адаптироваться к окружающей среде. Примеры алгоритмов включают нейронные сети, генетические алгоритмы, алгоритмы машинного обучения и другие.

5. Интерфейсы. ИСАУ могут включать интерфейсы, которые позволяют пользователю взаимодействовать с системой, например, для установки параметров, отображения данных или получения уведомлений о состоянии системы.

Вместе эти элементы обеспечивают интеллектуальную систему автоматического управления способностью собирать информацию, обрабатывать ее, анализировать и принимать решения с целью оптимального управления объектом.

Интеллектуальные системы автоматического управления находят широкое применение в различных областях энергетической отрасли:

1. Управление сетью распределения электроэнергии. ИСАУ используются для управления и мониторинга сети распределения электроэнергии, включая дистанционное чтение показаний, оптимизацию распределения нагрузки и повышение энергоэффективности. Они также обеспечивают оптимальное управление регуляторами напряжения и регуляторами реактивной мощности, для улучшения качества электроэнергии и снижения потерь.

2. Гибридные системы. ИСАУ применяются для управления гибридными системами, объединяющими различные источники энергии, такие как солнечная энергия, ветряная энергия, топливные ячейки и батареи. Они оптимизируют использование этих источников, обеспечивая непрерывное энергоснабжение и снижение затрат.

3. Управление электромобилями. ИСАУ используются для управления зарядными станциями, распределением энергии для электромобилей и управления энергопотреблением в транспортной сети. Они также обеспечивают балансировку нагрузки и оптимизацию расходов на электроэнергию.

4. Прогнозирование и управление спросом: ИСАУ используются для прогнозирования энергетического спроса и управления его распределением. Они могут предсказывать пиковые нагрузки, оптимизировать расписание работы энергетического оборудования и активировать энергосберегающие мероприятия, чтобы снизить энергопотребление в периоды высокого спроса.

### **III. Преимущества интеграции интеллектуальных систем автоматического управления в энергосистемы**

1. Автоматическая оптимизация работы генераторов и энергетических источников.

Интеграция интеллектуальных систем автоматического управления в энергосистемы позволяет достичь оптимизации производства и распределения энергии в области автоматической оптимизации работы генератора и энергетических источников. Эти системы обладают возможностью собирать и анализировать данные о потреблении энергии, ценах, доступности разных источников энергии и других факторах. Используя алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения, они могут автоматически принимать решения и оптимизировать работу генераторов и энергетических источников для достижения наилучшего баланса между снижением затрат, обеспечением энергетической стабильности и удовлетворением потребностей пользователей. Такая автоматическая оптимизация поможет улучшить эффективность использования ресурсов и снизить непредвиденные риски в энергосистеме.

2. Улучшение энергоэффективности и устранение потерь.

Интеграция ИСАУ также позволяет оптимизировать производство и распределение энергии с целью устранения потерь. Это достигается благодаря повышению энергоэффективности, улучшению расписания работы, быстрой и точной диагностике, оптимизации сетевой инфраструктуры, адаптивности к изменяющимся условиям и управлению распределенными источниками энергии. Интеграция ИСАУ в энергосистемы способствует экономическим выгодам, снижению негативного воздействия на окружающую среду и повышению устойчивости и надежности энергосистемы.

3. Снижение пиковых нагрузок и балансировка нагрузки.

Одним из ключевых преимуществ интеграции ИСАУ в энергосистемы является возможность оптимизации производства и распределения энергии с целью снижения пиковых нагрузок и балансировки нагрузки. ИСАУ позволяют

точно прогнозировать спрос на энергию и эффективно распределять производство в режиме реального времени, что помогает снизить нагрузку на энергосистему во время пиковых периодов и предотвратить перегрузку оборудования. Благодаря автоматическому управлению, ИСАУ могут также балансировать нагрузку по различным ресурсам, включая распределенные источники энергии, оптимизируя их использование и повышая эффективность сети. В результате, интеграция ИСАУ способствует улучшению энергоэффективности, снижению потребления энергии и повышению надежности энергосистемы.

#### 4. Мониторинг и быстрое реагирование на аварийные ситуации

Интеграция ИСАУ в энергосистемы предоставляет значительное преимущество в области мониторинга и быстрого реагирования на аварийные ситуации. ИСАУ способны непрерывно мониторить работу энергосистемы и сетевого оборудования, а также анализировать данные в режиме реального времени. Это позволяет операторам энергосистемы быстро обнаруживать и анализировать потенциальные проблемы или аварийные ситуации, такие как перегрузки, короткое замыкание или отказ оборудования. Благодаря использованию алгоритмов и систем машинного обучения, ИСАУ способны предсказывать возможные аварийные ситуации и принимать к ним предупреждающие меры в режиме реального времени, что позволяет операторам принимать обоснованные решения и предотвращать или минимизировать негативные последствия аварийных ситуаций. Это существенно улучшает надежность и безопасность энергосистемы, позволяя эффективно управлять рисками и обеспечивать непрерывное энергоснабжение.

#### 5. Защита от кибератак и угроз информационной безопасности.

Повышение безопасности энергосистем от кибератак и угроз информационной безопасности является одним из ключевых преимуществ интеграции интеллектуальных систем автоматического управления. Эти системы обеспечивают мониторинг и анализ всей сети энергосистемы, выявляют подозрительную активность и принимают меры для защиты от несанкционированного доступа и атак, обеспечивая тем самым кибербезопасность.

#### **IV. Недостатки интеграции интеллектуальных систем автоматического управления в энергосистемы**

##### **1. Зависимость от надежности и доступности вычислительных систем.**

Недостаточная надежность и доступность вычислительных систем может серьезно негативно сказаться на функционировании интеллектуальных систем автоматического управления в энергосистемах. При неполадках или сбоях в вычислительных системах возникают задержки в передаче и обработке информации, что может привести к нарушению точности и эффективности работы интеллектуальных систем. Недоступность систем также ограничивает возможность оперативного реагирования на изменения в энергосистеме, что может привести к неоптимальному распределению энергии и недостаточному реагированию на критические ситуации. Кроме того, отсутствие надежности вычислительных систем может представлять угрозу для безопасности энергосистем, поскольку это делает их уязвимыми для кибератак и вмешательства злоумышленников. Поэтому необходимо обеспечить высокую надежность и доступность вычислительных систем, чтобы обеспечить бесперебойное и эффективное функционирование интеллектуальных систем автоматического управления в энергосистемах.

##### **2. Необходимость постоянного обновления и адаптации системы.**

Регулярное обновление и адаптация интеллектуальных систем автоматического управления в энергетике являются неотъемлемыми процессами для обеспечения их эффективной работы. В силу постоянных изменений в области энергетики, таких как введение новых источников энергии, изменение потребительского спроса и требований к безопасности, интеллектуальные системы должны претерпевать постоянные апгрейды и модификации. Также обновления и адаптации необходимы для учета изменяющихся стандартов и правил в энергетической отрасли, а также для поддержки новых технологий и промышленных инноваций. Без регулярного обновления и адаптации интеллектуальные системы автоматического управления в энергетике могут утратить свою эффективность и точность, а также не смогут достичь своих целей в оптимизации производства и распреде-

ления энергии. Поэтому важно осуществлять систематическое обновление программного и аппаратного обеспечения, а также проводить тестирование и анализ работы систем с целью выявления и устранения возможных проблем и улучшения их функциональности.

### 3. Риски кибератак и угроз безопасности данных.

Одно из преимуществ интеграции ИСАУ в энергосистему является одновременно и довольно рискованным решением. Кибератаки на интеллектуальные системы автоматического управления в энергетике могут иметь серьезные последствия, включая нарушение поставки электроэнергии, повреждение оборудования и утечку конфиденциальной информации. Поэтому необходимо обеспечивать должный уровень защиты. Для обеспечения этой защиты следует рассмотреть ряд мер безопасности: обеспечить сетевую безопасность с использованием брандмауэров и систем обнаружения вторжений, регулярно обновлять программное обеспечение и системы, обучать персонал о безопасности информации, создавать резервные копии данных, ограничивать физический доступ, устанавливать системы мониторинга и обнаружения аномальной активности, а также разработать план действий в случае кибератаки.

### 4. Вопросы приватности и использования личных данных.

Использование личных данных в интеллектуальных системах автоматического управления энергосистем влечет за собой ряд этических и юридических аспектов, которые необходимо учесть. С точки зрения этики, обработка личных данных должна основываться на принципах справедливости, прозрачности и согласия субъектов данных. Операторы систем должны обеспечивать конфиденциальность, целостность и доступность персональных данных, а также гарантировать их безопасность от несанкционированного доступа или использования. С точки зрения юридических аспектов, использование личных данных в интеллектуальных системах автоматического управления энергосистем должно соответствовать соответствующим законодательным нормам и правилам, таким как Общий регламент по защите данных (GDPR) в Европейском союзе. Это включает

соблюдение принципов сбора, обработки и хранения данных, а также обеспечение прав субъектов данных на доступ, исправление и удаление своих персональных данных. Организации, использующие личные данные в интеллектуальных системах автоматического управления энергосистем, также должны учитывать принцип минимизации данных и установление механизмов для обеспечения безопасности и конфиденциальности данных, например, шифрования и псевдонимизации.

## **V. Примеры инвестиций в интеграцию ИСАУ**

Концепция интеграции интеллектуальных систем автоматического управления (ИСАУ) в энергетические системы имеет значительный потенциал для улучшения эффективности, надежности и устойчивости энергоснабжения.

Примеры стран, которые активно инвестируют в интеллектуальные системы автоматического управления в энергетике, включают:

### **1. Германия.**

Германия считается одной из ведущих стран в области развития интеллектуальных систем управления в энергетике. Они активно инвестируют в smart-сети (smart grids) и различные инновации, направленные на повышение энергоэффективности и интеграцию возобновляемых источников энергии.

### **2. Япония.**

Япония также является одной из ведущих стран в развитии интеллектуальных систем управления в энергетике. В связи с ограниченными ресурсами и после аварии на Фукусиме, страна активно инвестирует в smart-сети и умные счетчики, а также в технологии хранения энергии.

### **3. Китай.**

Китай считается одной из самых активных стран в применении интеллектуальных систем управления в энергетике. Они инвестируют в smart-сети, умные счетчики и технологии чистой энергии в стремлении сократить выбросы парниковых газов и повысить энергоэффективность.

### **4. Соединенные Штаты.**

США также активно внедряют интеллектуальные системы управления в энергетике. Некоторые штаты, такие как Калифорния и Нью-Йорк, уже имеют развитые смарт-сети и умные счетчики, а также инвестируют в технологии хранения энергии и возобновляемую энергию.

#### 5. Франция.

Французские компании, такие как EDF и Schneider Electric, активно инвестируют в разработку и внедрение интеллектуальных систем управления энергетикой.

#### 6. Южная Корея.

Южная Корея также активно инвестирует в развитие и применение автоматизированных систем управления энергетикой, особенно в области вертикального земледелия и умных сетей.

### VI. Заключение

Исходя из сказанного можно сделать вывод о том, что несмотря на некоторые ограничения и сложности, интеграция интеллектуальных систем автоматического управления в энергосистемы имеет значительный потенциал для улучшения эффективности, надежности и экологической устойчивости энергетического сектора. Дальнейшие исследования и разработки в этой области будут способствовать прогрессу в сфере энергетики.

### Литература

1. Михеев Е.А., Н.Г. Семенова Интеллектуальная энергосистема // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-1.
2. Ю.В. Мясоедов Интеллектуальные системы электроснабжения // Благовещенск Издательство АмГУ. – 2013. 82 с.
3. Терентьев М. Н. Беспроводные сенсорные сети. Учебное пособие // Москва, Издательство МАИ. – 2007.
4. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования // Москва, Наука. – 1975. - 768 с.
5. Макаров И.М., Лохина В.М. Интеллектуальные системы автоматического управления //Москва, Издательство ФИЗМАТЛИТ. – 2001.

6. Осак А.Б., Панасетский Д.А., Бузина Е. Я. Кибербезопасность объектов электроэнергетики, как фактор надежности ЭЭС // Сборник научных статей. Вып. 66. Актуальные проблемы надежности систем энергетики. Минск: БНТУ. – 2015.

#### Literature

1. Mikheev E.A., N.G. Semenova Intelligent power system // International Student Scientific Bulletin. – 2015. – № 3-1.
2. Yu.V. Myasoedov Intelligent power supply systems // Blagoveshchensk Publishing House of AmSU. - 2013. 82 p.
3. Terentyev M. N. Wireless sensor networks. Textbook // Moscow, Publishing House MAI. – 2007.
4. Besekersky V. A., Popov E. P. Theory of automatic regulation systems // Moscow, Nauka. - 1975. - 768 p.
5. Makarov I.M., Lokhina V.M. Intelligent automatic control systems //Moscow, FIZMATLIT Publishing House. – 2001.
6. Osak A.B., Panasetkiy D.A., Buzina E. Ya. Cybersecurity of electric power industry facilities as a factor of reliability of the EES // Collection of scientific articles. Issue 66. Actual problems of reliability of energy systems. Minsk: BNTU. – 2015.

© Крайнов К.Р., 2023 *Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №11/2023*

**Для цитирования:** Крайнов К.Р. ИНТЕГРАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЭНЕРГОСИСТЕМЫ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ// *Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №11/2023*