

УДК 621.311

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ**  
**INTELLIGENT CONTROL AND AUTOMATION SYSTEMS IN ELECTRICAL ENGINEERING**

З.А. Плохотенко, Е.О. Игнатович

Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
zelenko@bntu.by

Z. Plakhatsenka, E. Ignatovich  
Supervisor – V. Zelenko, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в статье рассматриваются инновационные виды систем управления и автоматизации в электротехнике, которые можно применить для оптимизации производства, а также их достоинства и внедрение их в Республике Беларусь.*

***Abstract:** the article discusses innovative types of control and automation systems in electrical engineering that can be used to optimize production, as well as their advantages and their implementation in the Republic of Belarus.*

***Ключевые слова:** оптимальное управление, стабилизация системы, интеграция технологий, интеграция новых технологий.*

***Keywords:** optimal management, system stabilization, technology integration, integration of new technologies.*

**Введение:**

В эпоху стремительного технологического развития интеллектуальные системы управления и автоматизации становятся краеугольным камнем для создания прогрессивных и высокоэффективных электротехнических решений. Опираясь на передовые технологии, такие как искусственный интеллект, машинное обучение и Интернет вещей, эти системы трансформируют представление об оптимизации и усовершенствовании электротехнических процессов.

**Основная часть**

Основные принципы управления электротехническими системами можно разделить на несколько категорий, включающих в себя: обратную связь, моделирование системы, оптимальное управление, стабилизации системы, адаптивное управление и интеграций технологий. Обратная связь — это ключевой принцип управления системами. Он подразумевает передачу информации о результатах выполненной операции обратно в систему. Благодаря обратной связи система корректирует свои действия, что помогает ей сохранять стабильность и эффективность. Например, регулятор температуры использует обратную связь для поддержания постоянного теплового режима в помещении. Моделирование системы включает разработку математических моделей, описывающих поведение системы. Эти модели позволяют прогнозировать реакцию системы на внешние воздействия и создавать эффективные управляющие алгоритмы. Оп-

тимальное управление направлено на поиск наиболее эффективных решений в рамках установленных ограничений. Оно включает идентификацию управляющих сигналов, которые обеспечивают оптимальную работу системы в соответствии с определенными критериями. Стабилизация системы гарантирует ее устойчивую работу в различных условиях эксплуатации. Это необходимо для предотвращения колебаний, неустойчивости и аварийных ситуаций. Адаптивное управление позволяет системе изменять свое поведение в зависимости от внешних условий или внутренних параметров. Это обеспечивает способность системы адаптироваться к новым условиям без необходимости перепрограммирования. Интеграция технологий предполагает объединение различных технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение и Интернет вещей, для создания комплексных и высокоэффективных решений. Это помогает преодолевать ограничения отдельных технологий и достигать максимальной производительности.

#### **Интеллектуальные системы управления и автоматизации в электротехнике:**

Интеграция интеллектуальных систем управления и автоматизации в электротехнике привела к появлению ряда инновационных решений, повышающих эффективность, надежность и безопасность электротехнических систем. Интеллектуальные сети используют датчики, коммуникационные системы и передовые алгоритмы для мониторинга и управления распределением электроэнергии. Они позволяют оптимизировать потоки энергии, повышать надежность и устойчивость энергосистем. Программируемые устройства защиты широко распространены в сфере систем управления и автоматизации. Программируемые устройства защиты (ПЗР) представляют собой интеллектуальные системы, которые контролируют и защищают электроустановки от перегрузок, коротких замыканий и других аварийных ситуаций, структурная схема представлена на рисунке 1. Они могут быть настроены под различные электротехнические параметры, что повышает гибкость и надежность защиты. Непременными узлами цифрового устройства релейной защиты и автоматики являются: входные  $U1-U4$  (преобразователи аналоговые ( $U3, U4$ ) и логические ( $U1, U2$ ) входных сигналов) и выходные  $KL1-KLj$  преобразователи сигналов, тракт аналого-цифрового преобразования  $U6, U7$ , кнопки управления и ввода информации от оператора  $SB1, SB2$ , дисплей  $H$  для отображения информации и блок питания  $U5$ . Современные цифровые устройства, как правило, оснащаются и коммуникационным портом  $X1$  для связи с другими устройствами. В функциональном отношении все статические запоминающие устройства подразделяются на постоянные запоминающие (ПЗУ), оперативные запоминающие (ОЗУ) и перепрограммируемые постоянные запоминающие (ППЗУ).

Системы автоматизации зданий обеспечивают автоматическое управление и оптимизацию этих подсистем, повышая энергоэффективность, комфорт и безопасность зданий. Системы автоматизации зданий (BMS) объединяют различные подсистемы, такие как освещение, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха (ОВКВ), в единую интегрированную систему. Системы управления двигателями адаптируются к меняющимся нагрузкам, контролиро-

вать температуру и другие параметры, продлевая срок службы оборудования. Интеллектуальные системы управления двигателями (МСУД) оптимизируют работу электрических двигателей, повышая их эффективность, надежность и срок службы. Автоматизированные производственные системы могут контролировать и координировать работу роботов, конвейеров и других промышленных систем, повышая производительность, снижая затраты и улучшая качество продукции. Автоматизированные производственные системы (АПС) используют интеллектуальные системы управления и автоматизации для оптимизации производственных процессов.

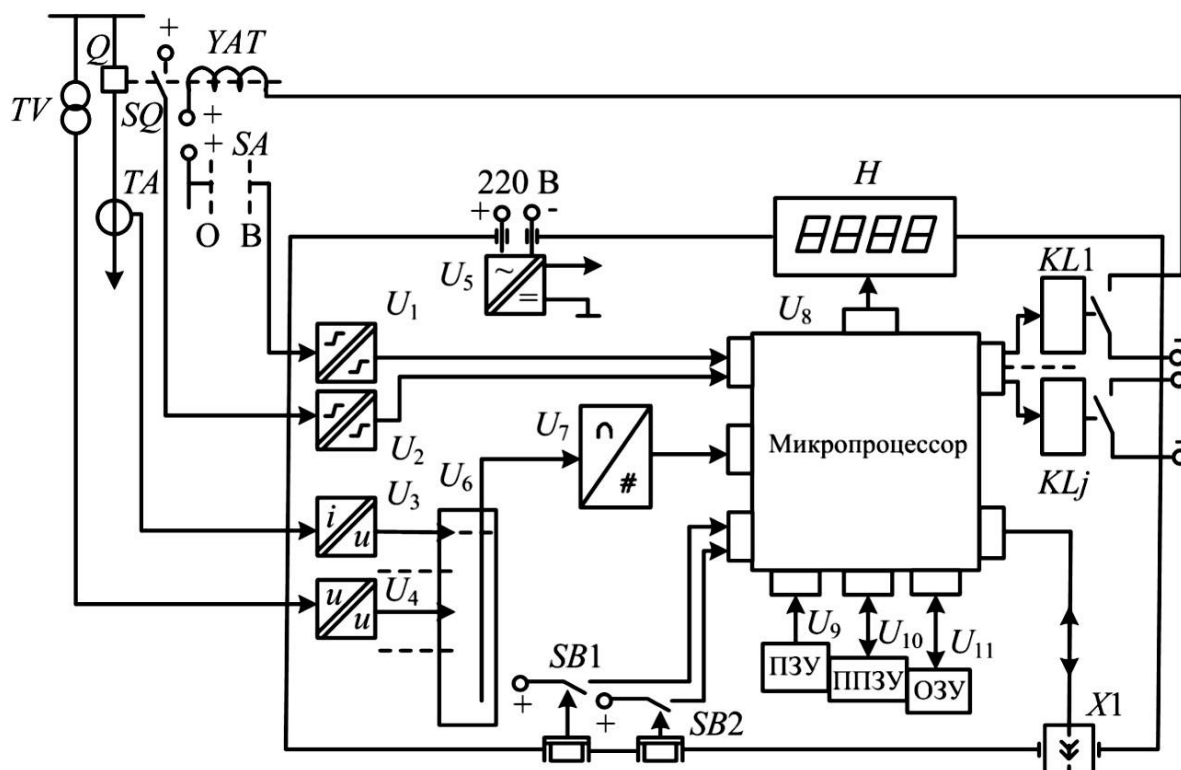


Рисунок 1 - Структурная схема цифрового устройства защиты

**Применение искусственного интеллекта в управлении электротехническими системами:**

Применение искусственного интеллекта (ИИ) в управлении электротехническими системами представляет собой важную область, где технологии машинного обучения и алгоритмы ИИ играют ключевую роль. Рассмотрим несколько аспектов, в которых применение искусственного интеллекта приносит значительную пользу. Искусственный интеллект используется для прогнозирования нагрузки в электросетях, что является критическим аспектом для эффективного управления энергосистемами. Алгоритмы машинного обучения позволяют создавать точные прогнозы по электропотреблению, что в свою очередь помогает оптимизировать производство и распределение энергии, снижая издержки и повышая эффективность систем. ИИ применяется для оптимизации энергопотребления в различных типах зданий, промышленных предприятиях и других объектах. Системы управления, основанные на искусственном интеллекте, способны адаптировать потребление энергии в реальном времени, что

позволяет оптимизировать расходы и снижать энергопотребление, способствуя более эффективному использованию ресурсов. Применение искусственного интеллекта в диагностике и предиктивном обслуживании электротехнического оборудования играет важную роль. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать данные с датчиков для выявления потенциальных проблем и предсказания возможных отказов, что позволяет проводить профилактические меры и уменьшать риски возникновения аварий. Системы управления, использующие искусственный интеллект, могут быть самообучающимися, что означает способность системы адаптироваться к изменяющимся условиям и оптимизировать свою работу на основе новых данных. Это повышает гибкость и эффективность управления электротехническими системами. В области распределенных энергетических систем искусственный интеллект играет важную роль в координации работы различных ресурсов, таких как солнечные панели, ветрогенераторы и аккумуляторы. Это способствует эффективному и устойчивому управлению энергией, что является важным аспектом в современных энергетических системах.

### **Современные методы управления и автоматизации в электротехнике:**

Использование искусственного интеллекта и машинного обучения в электротехнических системах позволяет оптимизировать процессы управления, прогнозирования и диагностики. Преимущества включают повышение эффективности, автоматизацию принятия решений, предотвращение отказов и оптимизацию энергопотребления. Применение IoT в электротехнике позволяет собирать данные с датчиков, мониторить состояние электротехнического оборудования и оптимизировать техническое обслуживание. Это способствует повышению надежности и эффективности работы систем, а также улучшению процессов обслуживания.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) – специализированное микропроцессорное устройство со встроенным аппаратным и программным обеспечением, которое используется для выполнения функций управления технологическим оборудованием.

- Применение: ПЛК используются для автоматизации процессов в промышленности, управления механизмами и оборудованием.

- Преимущества: Гибкость программирования, простота настройки, высокая точность

Функциональная схема системы управления программируемым логическим контроллером (ПЛК) на базе контроллера показана на рисунке 2

Применение облачных технологий позволяет хранить и обрабатывать данные, обеспечивать доступ к информации из любой точки. Преимуществом является централизованное хранение данных, масштабируемость, возможность коллективной работы. Применяются цифровые двойники (Digital Twins) для создания виртуальных моделей реальных электротехнических систем, обеспечивая возможность моделирования и анализа.

Преимуществом моделирования процессов, прогнозирование поведения системы, отладка и тестирование без применения реального оборудования.



Рисунок 2 – Функциональная схема СУ на базе ПЛК

### Вызовы и перспективы в области управления и автоматизации

Вызовы в области управления и автоматизации в электротехнике можно разделить на: кибербезопасность, интеграции новых технологий и управление данными.

#### 1. Кибербезопасность:

С ростом подключенных устройств в Интернете вещей и цифровых сетях, вопросы кибербезопасности становятся все более актуальными. Необходимо развивать защитные механизмы для предотвращения кибератак и защиты данных.

#### 2. Интеграция новых технологий:

С появлением новых технологий, таких как искусственный интеллект, IoT и облачные вычисления, вызов состоит в успешной интеграции их в существующие системы без помех и с минимальными рисками.

#### 3. Управление данными:

Большой объем данных, собираемых с сенсоров и устройств, требует эффективного управления, анализа и использования. Вызов состоит в разработке эффективных методов обработки и анализа данных для принятия информированных решений.

Перспективы в области управления и автоматизации в электротехнике:

#### 1. Умные города и здания:

Перспектива заключается в развитии умных городов и зданий, где интегрированные системы управления и автоматизации обеспечивают оптимизацию потребления энергии, улучшение управления трафиком и повышение комфорта жителей.

#### 2. Развитие автономных систем:

В будущем автономные системы управления и автоматизации будут играть все более важную роль в промышленности, транспорте, медицине и других сферах, позволяя повысить эффективность и безопасность процессов.

#### 3. Применение искусственного интеллекта:

Использование искусственного интеллекта в управлении и автоматизации будет продолжать расширяться, обеспечивая возможность создания более гибких, реактивных и самообучающихся систем.

#### **Примеры успешной реализации интеллектуальных систем управления:**

##### **1. Тесла и система автопилота**

- Пример: Компания Тесла успешно реализовала систему автопилота, которая использует искусственный интеллект для автоматизации управления автомобилем, включая управление скоростью, удержание полосы движения и избегание препятствий.

- Преимущества: Увеличение безопасности на дорогах, улучшение комфорта водителей, шаг в направлении автономных транспортных средств.

##### **2. Системы умного дома**

- Пример: Умные дома используют интеллектуальные системы управления для автоматизации освещения, отопления, кондиционирования воздуха, безопасности и других систем.

- Преимущества: Экономия энергии, повышение комфорта жильцов, улучшение безопасности жилища.

##### **3. Промышленные автоматизированные системы**

- Пример: Промышленные предприятия использовали интеллектуальные системы управления для оптимизации производственных процессов, управления оборудованием и мониторинга производственной среды.

- Преимущества: Сокращение времени простоя оборудования, повышение эффективности производства, улучшение качества продукции.

##### **4. Системы умных городов**

- Пример: Умные города интегрируют интеллектуальные системы управления для оптимизации городской инфраструктуры, транспортных систем, охраны общественной безопасности и управления ресурсами.

- Преимущества: Снижение потребления энергии, улучшение транспортной доступности, повышение эффективности управления городскими службами

#### **Заключение**

Таким образом, применение искусственного интеллекта в управлении электротехническими системами не только повышает эффективность и надежность работы систем, но также способствует оптимизации энергопотребления, предотвращению отказов и улучшению общей производительности энергетических систем.

#### **Литература**

1) Микропроцессорная релейная защита и автоматика электрических машин: учебное пособие / И. Л. Кузьмин, И. Ю. Иванов, Ю. В. Писковацкий [и др.]. – Казань : КГЭУ, 2021. – 125с.

2) Программируемые логистические контроллеры для управления технологическими процессами: учебное пособие / Ю. Е. Лившиц, В. И. Лакин, Ю. И. Монич – Минск : БНТУ, 2014. -217с.

3) Теория автоматического управления: учебное пособие / Г. Т. Кулаков, А. Т. Кулаков, А. Н. Кухоренко, В. В. Кравченко – Минск: БНТУ, 2017. -133с.