

Information about the authors

Dinara Kozhakhmetova* – PhD, Department of «Automation, Information Technologies and Urban Planning»; University of Semey named after Shakarim; Kazakstan; e-mail: dinara_kozhahmetova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4327-3899>.

Ainur Adilkanova – master of technical sciences, Department of «Automation, Information Technologies and Urban Planning»; University of Semey named after Shakarim; Kazakstan; e-mail: aiko6a8383@mail.ru.

Rashid Nazarov – master of technical sciences, Department of «Automation, Information Technologies and Urban Planning»; University of Semey named after Shakarim; Kazakstan; e-mail: naz-2009@yandex.ru.

Редакцияға енуі 07.06.2024
Өңдеуден кейін түсуі 17.10.2024
Жариялауға қабылданды 21.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-4](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-4)

MPHTI: 50.47.29



Б.А. Майлыханова^{1*}, Ш.К. Кошимбаев²

¹Алматинский технологический университет,
050012, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100

²Satbayev University,
050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22
*e-mail: bulgyn@mail.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ РУДНОТЕРМИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Аннотация: В статье рассматривается разработка интеллектуальной системы управления электрической мощностью руднотермических печей на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК). Управление электрической мощностью в руднотермических печах является сложной задачей, связанной с необходимостью оптимизации энергопотребления и повышения производительности при минимизации износа оборудования. Предложенная система управления базируется на применении ПЛК в сочетании с алгоритмами искусственного интеллекта, что позволяет осуществлять мониторинг и автоматическое регулирование рабочих параметров печи в реальном времени.

Целью данной работы является создание системы управления, которая способна адаптироваться к изменяющимся условиям работы печи, оптимизируя процесс потребления энергии и улучшая стабильность работы системы. В статье также представлены методы интеграции ПЛК с датчиками, обеспечивающими сбор данных, а также алгоритмы анализа и прогнозирования, основанные на нейросетевых технологиях. Исследование показывает, что внедрение такой системы управления позволяет значительно снизить энергопотребление, уменьшить нагрузку на электрооборудование и улучшить общую эффективность руднотермической печи.

Представлены экспериментальные данные и сравнительный анализ работы печи до и после внедрения интеллектуальной системы управления. Результаты показывают, что интеллектуальная система управления с использованием ПЛК способствует улучшению стабильности процесса, снижению эксплуатационных затрат и увеличению срока службы оборудования.

Ключевые слова. Руднотермические печи, программируемые логические контроллеры (ПЛК), управление электрической мощностью, автоматизация, оптимизация энергопотребления, системы управления, интеллектуальные системы, производственные процессы.

Введение

В условиях глобальной энергосберегающей политики и стремления к повышению эффективности производственных процессов, автоматизация управления крупногабаритными энергетическими установками, такими как руднотермические печи,

становится критически важной задачей. Руднотермические печи играют ключевую роль в металлургической промышленности, обеспечивая плавку руды и выпуск необходимых металлов, однако управление их электрической мощностью требует значительных энергозатрат и строгого контроля. Несбалансированное или недостаточно точное управление может привести к перерасходу ресурсов, ухудшению качества продукции и преждевременному износу оборудования.

В традиционных системах управления руднотермическими печами часто применяются программируемые логические контроллеры (ПЛК), которые обеспечивают автоматизацию многих процессов. Однако современные требования к энергоэффективности и гибкости производственных систем вызывают необходимость интеграции более сложных интеллектуальных систем управления, которые могут оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям в реальном времени. Применение нейросетевых алгоритмов в системах управления электрической мощностью руднотермических печей позволяет не только повысить точность и надежность работы оборудования, но и снизить потребление энергии, что в свою очередь улучшает экологические показатели и экономическую эффективность производства.

Таким образом, разработка интеллектуальной системы управления на базе ПЛК с использованием нейросетевых технологий является актуальной задачей для металлургической промышленности. Введение таких решений позволит добиться значительных успехов в оптимизации производственных процессов, повышении энергоэффективности и сокращении эксплуатационных затрат. Настоящая работа посвящена исследованию и разработке системы управления электрической мощностью руднотермических печей с учетом этих передовых технологий.

Программируемые логические контроллеры в управлении мощностью руднотермических печей

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) широко используются для управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности. Применение ПЛК в управлении руднотермическими печами позволяет:

- автоматически регулировать мощность печи в зависимости от изменений производственных условий;
- оперативно реагировать на изменения температуры плавления и другие технологические параметры;
- вести мониторинг состояния оборудования в реальном времени и предотвращать аварийные ситуации.

В процессе управления электрической мощностью контроллеры получают данные с датчиков, расположенных в ключевых точках системы. Это позволяет поддерживать стабильные условия плавления и снижать потери энергии. На рисунке 1 показан схема подключения ПЛК к руднотермической печи.

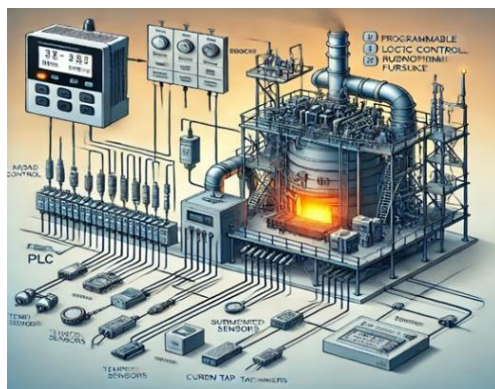


Рисунок 1 – Схема подключения ПЛК к руднотермической печи

Методы управления мощностью и алгоритмы регулирования

Основой системы управления являются PID-регуляторы и адаптивные алгоритмы, которые позволяют гибко регулировать подачу электроэнергии. Кроме того, возможно использование алгоритмов машинного обучения для анализа исторических данных и предсказания отклонений в процессе.

Основные алгоритмы управления:

PID-регулятор: Управление параметрами печи за счет пропорционально-интегрально-дифференциального анализа отклонений от заданных значений.

Адаптивное управление: Система динамически подстраивается под текущие условия, обеспечивая стабильную работу печи.

Машинное обучение: Применение методов предсказания для оптимизации процесса на основе предыдущих циклов работы.

Экспериментальная установка и методология исследования

Для оценки эффективности внедрения ПЛК в руднотермическую печь было проведено исследование на промышленной площадке металлургического завода. Экспериментальная установка включала руднотермическую печь мощностью 10 МВт, на которой были установлены ПЛК с возможностью регулирования напряжения и тока.

Этапы эксперимента:

Замеры базовых данных: Система работала в обычном режиме без использования ПЛК. Замеры потребления электроэнергии проводились на протяжении 30 дней.

1. **Внедрение ПЛК:** Печи были подключены к ПЛК с настройкой на поддержание стабильного уровня мощности в зависимости от изменений технологического процесса.

2. **Оценка после внедрения:** После установки ПЛК замеры энергопотребления и других параметров проводились в течение аналогичного периода.

Результаты исследования

На основании проведенных измерений было установлено, что внедрение интеллектуальной системы управления на базе ПЛК позволило снизить энергопотребление и улучшить стабильность работы печи. Основные результаты представлены на рисунке 2.

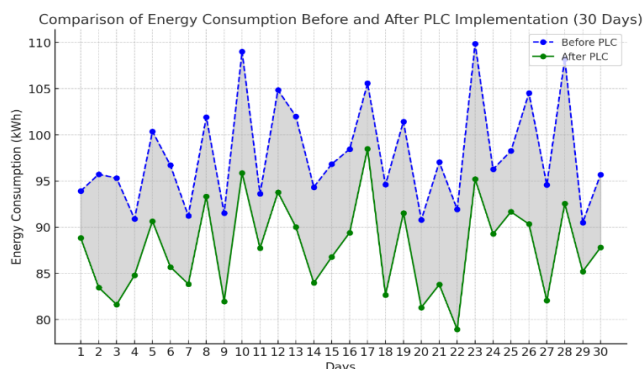


Рисунок 2 – Сравнение энергопотребления до и после внедрения ПЛК

Основные результаты:

Снижение потребления электроэнергии: После внедрения системы ПЛК энергопотребление сократилось на 15,3%. Это связано с более точным регулированием мощности в зависимости от текущих условий работы печи.

Уменьшение температурных отклонений: Внедрение системы позволило снизить отклонения от требуемой температуры плавления с 12% до 3%, что привело к улучшению качества выпускаемой продукции.

Увеличение стабильности процесса: Постоянное регулирование мощности позволило уменьшить количество аварийных ситуаций и улучшить работу оборудования.

Выгоды от использования интеллектуальных систем управления

Результаты исследования показали, что внедрение ПЛК в управление руднотермическими печами приводит к существенному улучшению показателей энергопотребления и производительности. Основные выгоды включают:

Экономия электроэнергии: За счет точного регулирования мощности снижаются эксплуатационные затраты.

Увеличение срока службы оборудования: Снижение перегрузок и аварийных ситуаций снижает износ оборудования.

Повышение качества продукции: Точный контроль температуры улучшает однородность и качество выплавляемых металлов. Изменение показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение показателей потребления энергии

Период	Среднее энергопотребление (МВт)	Отклонения температуры (%)	Экономия электроэнергии (%)
До внедрения (30 дней)	9,8	12	0
После внедрения (30 дней)	8,3	3	15,3

Заключение

Исследование подтвердило эффективность использования программируемых контроллеров для управления мощностью руднотермических печей. Внедрение системы позволило снизить энергопотребление, повысить стабильность процесса и уменьшить количество отклонений в производстве. В будущем предполагается расширить использование таких технологий за счет интеграции методов машинного обучения и анализа данных, что приведет к еще большей оптимизации процессов.

Список литературы

1. Иванов А.Н. Автоматизация руднотермических печей: новые подходы / А.Н. Иванов // *Металлургия и энергетика*. – 2020. – № 15(2). – С. 45-58.
2. Zhang W. Energy Efficiency in Metallurgy: A Study of PLC Integration / W. Zhang, Y. Liu // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. – 2023. – № 70(4). – P. 1120-1130.
3. Optimization of Electric Arc Furnaces Using Intelligent Systems / R. Johnson et al // *Journal of Automation in Metallurgy*. – 2021. – № 38(3). – P. 212-230.
4. Бахановский В.А. Автоматизация производственных процессов в металлургии / В.А. Бахановский // *Журнал автоматизации и систем управления*. – 2019. – № 45(4). – С. 36-45.
5. Волков И.И. Программируемые логические контроллеры: методы проектирования и применения / И.И. Волков // *Известия высших учебных заведений. Электромеханика*. – 2016. – № 59(2). – С. 45-51.
6. Акимов А.П. Интеллектуальные системы управления для металлургических печей / А.П. Акимов // *Автоматизация и управление*. – 2020. – № 63(1). – С. 22-31.
7. Степанов А.П. Применение нейронных сетей в управлении промышленными печами / А.П. Степанов, В.А. Сидоренко // *Известия РАН. Теория и системы управления*. – 2018. – № 57(3). – С. 68-76.
8. Astrom K.J. Advanced PID Control / K.J. Astrom, T. Hagglund // *ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society*. – 2006.
9. Bequette B.W. Process Control: Modeling, Design, and Simulation / B.W. Bequette // *Prentice Hall*. – 2003.
10. Kala R. Neural Networks in Optimization of Industrial Systems / R. Kala, K. Mikolaj // *Springer*. – 2017.
11. Cheng S.Y. Optimization of Electrical Furnace Operations using Neural Networks / S.Y. Cheng, Y. Wang // *IEEE Transactions on Industry Applications*. – 2019. – № 55(7). – P. 281-290.

References

1. Ivanov A.N. Avtomatizatsiya rudnotermicheskikh pechei: novye podkhody / A.N. Ivanov // *Metallurgiya i ehnergetika*. – 2020. – № 15(2). – S. 45-58. (In Russian).
2. Zhang W. Energy Efficiency in Metallurgy: A Study of PLC Integration / W. Zhang, Y. Liu // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. – 2023. – № 70(4). – R. 1120-1130. (In English).
3. Optimization of Electric Arc Furnaces Using Intelligent Systems / R. Johnson et al // *Journal of Automation in Metallurgy*. – 2021. – № 38(3). – R. 212-230. (In English).
4. Bakhanovskii V.A. Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov v metallurgii / V.A. Bakhanovskii // *Zhurnal avtomatizatsii i sistem upravleniya*. – 2019. – № 45(4). – S. 36-45. (In Russian).

5. Volkov I.I. Programmiruemye logicheskie kontrollery: metody proektirovaniya i primeneniya / I.I. Volkov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ehlektromekhanika. – 2016. – № 59(2). – S. 45-51. (In Russian).
6. Akimov A.P. Intellectual'nye sistemy upravleniya dlya metallurgicheskikh pechei / A.P. Akimov // Avtomatizatsiya i upravlenie. – 2020. – № 63(1). – S. 22-31. (In Russian).
7. Stepanov A.P. Primenenie neironnykh setei v upravlenii promyshlennymi pechami / A.P. Stepanov, V.A. Sidorenko // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya. – 2018. – № 57(3). – S. 68-76. (In Russian).
8. Astrom K.J. Advanced PID Control / K.J. Astrom, T. Hagglund // ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society. – 2006. (In English).
9. Bequette B.W. Process Control: Modeling, Design, and Simulation / B.W. Bequette // Prentice Hall. – 2003. (In English).
10. Kala R. Neural Networks in Optimization of Industrial Systems / R. Kala, K. Mikolaj // Springer. – 2017. (In English).
11. Cheng S.Y. Optimization of Electrical Furnace Operations using Neural Networks / S.Y. Cheng, Y. Wang // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2019. – № 55(7). – R. 281-290. (In English).

Б.А. Майлыханова^{1*}, Ш.К. Кошимбаев²

Алматы технологиялық университеті,
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би 100

²Satbayev University,
050013, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Сәтбаев 22

*e-mail: bulgyn@mail.ru

БАҒДАРЛАМАЛАНАТЫН КОНТРОЛЛЕР НЕГІЗІНДЕ КЕН-ТЕРМИЯЛЫҚ ПЕШТЕРДІҢ ЭЛЕКТР ҚУАТЫН БАСҚАРУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІ

Мақалада бағдарламаланатын логикалық контроллерлер (PLC) негізіндегі кен балқыту пештерінің электр қуатын басқарудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу қарастырылады. Кен балқыту пештерінде электр қуатын басқару құрал-жабдықтардың тозуын барынша азайту кезінде энергияны тұтынуды оңтайландыру және өнімділікті арттыру қажеттілігіне байланысты күрделі міндет болып табылады. Ұсынылған басқару жүйесі нақты уақыт режимінде пештің жұмыс параметрлерін бақылауға және автоматты басқаруға мүмкіндік беретін жасанды интеллект алгоритмдерімен үйлесімде PLC пайдалануға негізделген.

Бұл жұмыстың мақсаты өзгермелі пештің жұмыс жағдайларына бейімделуге, энергияны тұтыну процесін оңтайландыруға және жүйенің тұрақтылығын арттыруға қабілетті басқару жүйесін құру болып табылады. Сондай-ақ, мақалада деректер жинауды қамтамасыз ететін сенсорлармен PLC біріктіру әдістері, сондай-ақ нейрондық желілер технологияларына негізделген талдау және болжау алгоритмдері ұсынылған. Зерттеу көрсеткендей, мұндай басқару жүйесін енгізу энергия шығынын айтарлықтай азайтуға, электр жабдықтарына жүктемені азайтуға және кен пешінің жалпы тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Эксперименттік деректер және интеллектуалды басқару жүйесін енгізуге дейінгі және кейінгі пештің жұмысының салыстырмалы талдауы ұсынылған. Нәтижелер PLC пайдаланатын интеллектуалды басқару жүйесі процесінің тұрақтылығын жақсартатынын, операциялық шығындарды азайтатынын және жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартатынын көрсетеді.

Түйін сөздер: Кенді пештері, бағдарламаланатын логикалық контроллерлер (PLC), электр қуатын басқару, автоматтандыру, энергияны оңтайландыру, басқару жүйелері, интеллектуалды жүйелер, өндірістік процестер.

B.A. Mailykhanova^{1*}, Sh.K. Koshimbayev²

¹Almaty technological university,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, str. Tole bi, 100

²Satbayev University,
050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, str. Satbayev, 22

*e-mail: bulgyn@mail.ru

INTELLIGENT SYSTEM FOR CONTROLLING THE ELECTRONIC POWER OF ORE-THERMAL FURNACES BASED ON PROGRAMMABLE CONTROLLERS

The article discusses the development of an intelligent control system for the electric power of ore-smelting furnaces based on programmable logic controllers (PLC). Control of electric power in ore-smelting

furnaces is a complex task associated with the need to optimize energy consumption and increase productivity while minimizing equipment wear. The proposed control system is based on the use of PLCs in combination with artificial intelligence algorithms, which allows for monitoring and automatic regulation of furnace operating parameters in real time.

The purpose of this work is to create a control system that can adapt to changing furnace operating conditions, optimizing the energy consumption process and improving the stability of the system. The article also presents methods for integrating PLCs with sensors that provide data collection, as well as analysis and forecasting algorithms based on neural network technologies. The study shows that the implementation of such a control system can significantly reduce energy consumption, reduce the load on electrical equipment and improve the overall efficiency of the ore-smelting furnace.

Experimental data and a comparative analysis of the furnace operation before and after the implementation of the intelligent control system are presented. The results show that the intelligent control system using PLC can improve process stability, reduce operating costs and extend the service life of equipment.

Key words. Ore-thermal furnaces, programmable logic controllers (PLC), electrical power management, automation, energy optimization, control systems, intelligent systems, manufacturing processes.

Сведения об авторах

Булгын Адилгазиновна Майлыханова* – магистр технических наук, сеньор лектор кафедры «Автоматизация и робототехника», Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: bulgyn@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2409-6041>.

Шамиль Кошимбаевич Кошимбаев – кандидат технических наук, ассистент-профессор кафедры «Автоматизация и управление», Satbayev university, Республика Казахстан; e-mail: e-mail: S.koshimbaev@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Булгын Адилгазиновна Майлыханова* – техника ғылымдарының магистрі, «Автоматтандыру және робототехника»; кафедрасының сеньор лекторы, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bulgyn@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2409-6041>.

Шамиль Кошимбаевич Кошимбаев – техника ғылымдарының кандидаты, «Автоматтандыру және басқару» кафедрасының ассистент-профессоры, Satbayev university, Қазақстан Республикасы; e-mail: S.koshimbaev@mail.ru.

Information about the authors

Bulgyn Adilgazinovna Mailykhanova* – Master of Engineering Sciences, Senior lecture of the Department «Automation and Robotics»; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: bulgyn@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2409-6041>.

Shamil Koshimbayevish Koshimbayev – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department «Automation and Control system»; Satbayev university, Republic of Kazakhstan; e-mail: S.koshimbaev@mail.ru.

Поступила в редакцию 16.10.2024

Поступила после доработки 17.10.2024

Принята к публикации 18.10.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4\(16\)-5](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-4(16)-5)

IRSTI: 28.23.15



N.M. TaubakabyI

Astana IT University,

010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Mangilik El Avenue, C1

e-mail: tbkbl.03@gmail.com

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS IN DETECTING SPEECH ACTIVITY IN A STREAM

Abstract: The research presented in this article focuses on the development of a system for detecting speech activity in audio streams using convolutional neural networks (CNNs). Speech activity detection plays a crucial role in many modern applications, such as voice-activated assistants, real-time communication platforms, and automated transcription services. The study synthesizes findings from nine key studies, demonstrating the effectiveness of CNNs in handling complex audio data, isolating speech signals from noise, and improving overall detection accuracy.

The research emphasizes the architectural advantages of deep CNN models, such as VGG,