

11. Рифтин, А. Д. Оценка функциональных резервов организма на основе анализа сердечного ритма по результатам пробы с дозированной физической нагрузкой [Текст] / А. Д. Рифтин // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 6. – С. 133–137.
12. Милохов, К. В. Оценка эффективности влияния лазерного излучения на кровообращение тканей по показателям фотоплетизмографии [Текст] / К. В. Милохов, Е. П. Бугай // В кн. Лазеры в хирургической стоматологии. – 1982. – С. 17–20.
13. Десова, А. А. Портативная компьютерная система регистрации, обработки и хранения пульсовых сигналов [Текст] / А. А. Десова, А. А. Дорофеюк, Д. Ю. Максимов // Датчики и системы. – 2008. – № 4. – С. 29–32.
14. Кулаичев, А. П. Компьютерный контроль процессов и анализ сигналов [Текст] / А. П. Кулаичев. – М.: Информатика и компьютеры, 2002. – 291 с.
15. Юран, С. И. Системный подход к регистрации и обработке фотоплетизмограмм [Текст] / С. И. Юран // Вестник ИжГСХА. – 2006. – № 1. – С. 27–29.

Описано формування загальної схеми комп'ютерно-інтегрованої системи управління електродуговою півцю, розглядаючи її як елемент вузла обслуговування системи масового обслуговування з відмовами. Запропоновано розглядати такі системи у вигляді ієрархічних двох - або трирівневих, і рекомендовані кілька варіантів програмно-апаратного забезпечення. Описаний підхід до формування схеми забезпечує можливість реалізації алгоритму оптимального управління електродуговою плавкою на всіх етапах технологічного процесу

Ключові слова: комп'ютерно-інтегрована система управління, технічні засоби, система автоматизації

Описано формирование общей схемы компьютерно-интегрированной системы управления электродуговой плавкой, рассматривая её как элемент узла обслуживания системы массового обслуживания с отказами. Предложено рассматривать такие системы в виде иерархических двух- или трехуровневых, и рекомендованы несколько вариантов программно-аппаратного обеспечения. Описанный подход к формированию схемы обеспечивает возможность реализации алгоритма оптимального управления электродуговой плавкой на всех этапах технологического процесса

Ключевые слова: компьютерно-интегрированная система управления, технические средства, система автоматизации

УДК 681.5:519.24

КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЛАВКИ

Д. А. Дёмин

Доктор технических наук, профессор
Кафедра литейного производства
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: c7508990@gmail.com

1. Введение

Вопросы глубокой модернизации плавильных участков литейных цехов на сегодня являются одними из приоритетных при решении задач комплексной автоматизации технологических процессов литейного производства. Однако реализация возможных программ модернизации неизбежно связана с необходимостью преодоления большого количества трудностей – начиная от грамотных проектно-технических и организационных решений, и заканчивая «человеческим фактором». На каждом из этапов решения задач комплексной автоматизации возникают свои «локальные» сложности, тем более, учитывая то обстоятельство, что литейное производство вообще и процессы

плавки, в частности, относятся к категориям плохо формализуемых и трудно автоматизируемых. Последнее объясняется все той же плохой формализуемостью и тяжелыми условиями эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов в литейных цехах. Даже выбор технических средств систем автоматизации весьма неоднозначен, ибо процедуре выбора должен предшествовать учет запыленности и загазованности на плавильных участках, высоких температур в зоне электропечей, наличия в атмосфере абразива и т. д.

Так как значительная часть современных литейных и металлургических цехов оснащена электродуговыми печами, актуальной представляется разработка общих принципов формирования комплектации систем авто-

матизации процессов плавки техническими средствами, и создание на их основе рациональных вариантов компьютерно-интегрированных систем управления электродуговой плавкой.

2. Анализ литературных данных

В современной научной периодике, посвященной вопросам синтеза оптимального управления процессами электродуговой плавки, наибольший акцент делается на создание оптимальной структуры электротехнологических комплексов. При этом, процедура описания объекта управления представляется либо многоэтапным условно-экстремальным целенаправленным процессом [1], либо формированием «черного ящика» как модели электротехнологического комплекса [2 – 4]. Характерной особенностью, отмеченной в большинстве работ, является та, что главной задачей управления в них является синтез оптимального регулятора электрической мощности [5 – 6]. Математическая модель объекта управления в этом случае связывает ток и падение напряжения на дуге [7 – 8]. Иными словами, вопросам «увязки» работы электродуговой печи с работой оборудования заливочно-формовочного участка цеха должного внимания не уделяется. Эти вопросы отчасти затронуты в работах [9 – 11], в которых предложено рассмотрение процесса электродуговой плавки как объекта управления с использованием теории систем массового обслуживания. Такой системный подход позволяет в комплексе решать задачи технического перевооружения литейного и металлургического производства [12 – 13] и говорить о возможности формирования компьютерно-интегрированной системы управления электродуговой печью как элементом системы массового обслуживания «электродуговая печь – литейный конвейер».

3. Цели и задачи исследования

Целью исследования является разработка общей схемы компьютерно-интегрированной системы управления электродуговой печью, рассматривая её как элемент узла обслуживания системы массового обслуживания с отказами «электродуговая печь – литейный конвейер». Для достижения поставленной цели необходимо решение задачи подбора средств для программно-технической реализации системы управления плавкой на плавильно-заливочно-формовочном участке цеха.

4. Программно-техническая реализация системы управления

Задача программно-технической реализации оптимального управления на основе результатов моделирования в условиях неопределённости, описываемого схематично алгоритмом оптимального управления [14], может быть решена в плоскости синтеза компьютерно-интегрированной распределенной двухуровневой системы управления.

На нижнем уровне система включает в себя: средства контроля доступных для измерения параметров процесса плавки – температуры, массы расплава, положений исполнительных органов, электрических режимов; системы регулирования соответствующих параметров; исполнительные механизмы. На данном уровне решается задача регулирования электрических режимов плавки, управления процессами насыщения ванны углеродом (физико-химическими процессами), температурой в печи, процессом выдачи расплава на конвейер, загрузки, корректировки химического состава введением ферросплавов и флюсов. В качестве технических средств регулирования температурного режима ванны могут быть использованы микропроцессорные регуляторы напряжения. При выборе системы автоматического управления мощностью необходимо учитывать, что она должна обеспечивать следующие возможности [15]: поддержание мощности дуги на заданном уровне, контроль тока и напряжения дуги в каждом электроде, ручное управление подъемом и опусканием каждого электрода по отдельности с панели оператора, аварийная остановка процесса, блокировки системы при возникновении нештатных ситуаций. Автоматический регулятор мощности должен решать также следующие задачи: автоматическое зажигание и поддержание дуги; автоматическое поддержание заданного тока дуги и ступени напряжения трансформатора, автоматическая ликвидация технологических коротких замыканий. Если в качестве исполнительных механизмов перемещения электродов выбирать не гидроцилиндры, а асинхронные электродвигатели, то, в соответствии с рекомендациями [15], для управления ими можно выбрать частотные преобразователи OMRON серии 3G3FV, в которых реализован векторный принцип управления, обеспечивающий необходимые динамические характеристики привода и высокую степень защиты от перегрева и перегрузок. В качестве управляющего контроллера в системе регулирования мощности целесообразно выбирать PLC серии CS1, обеспечивающего в режиме реального времени возможность управления перемещением электродов для поддержания заданных параметров дуги по каждому из трех электродов. Операционная система PLC «защита» в процессорном модуле обеспечивает выполнение управляющей программы, диагностику состояния всех модулей PLC, а также регенерацию входов/выходов в каждом цикле управления.

При этом задача разработчика системы управления сводится только к разработке управляющей программы из набора инструкций PLC, последняя же записывается в энергонезависимую память. Быстродействие таких PLC позволяет реализовать цикл управления в пределах 10мс, что обеспечивает достижение стабильного горения дуг на всех этапах работы дуговой электродуги [15].

На верхнем уровне решается задача определения оптимальных технологических параметров процесса и выбора управляющих воздействий. Для реализации системы могут быть использованы рекомендации, приведенные в работе [16] – система управления печью строится на платформе автоматизации Siemens Simatic s7-300, блоки САУ размещаются в нескольких шкафах и пультах. Разработка электротехнической

части проекта ведется с использованием лицензионного программного обеспечения EPLANElectricP8, позволяющего проводить весь цикл разработки от принципиальных схем до компоновок электротехнических шкафов. Функционально она разбита на два уровня. На нижнем уровне, основанном на программируемом логическом контроллере (ПЛК), выполняются задачи сбора и обработки информации от объекта управления, посредством устройств связи с объектом (УСО), расчет и выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы объекта управления. Верхний уровень, базирующийся на промышленном компьютере (PC), предназначен для реализации функций интерфейса с оператором. На нем выполняются задачи отображения цифровых значений параметров процесса, анимированное отображение состояний узлов технологического объекта, подготовка программы плавки, архивирование технологических параметров и сообщений и т. д.

Аппаратная часть программно-технического комплекса системы управления печью включает в себя:

- контроллер SIMATIC S7-317 2DP;
- устройства нормирования и гальванической изоляции аналоговых сигналов;
- устройства сбора данных, размещенные на шине PROFIBUS-DP, например, абсолютный энкодер SIMODRIVE, предназначенный для определения положения электрода, или электронная измерительная система UMG-507, предназначенная для измерения и индикации электрических параметров;
- устройства сбора данных, размещенные на шине K-BUS контроллера;
- промышленный компьютер;
- сенсорный дисплей.

Возможна реализация системы на базе элементов ЗАО «Тяжпромавтоматика». В таком варианте АРМ оператора получает информацию из сети Ethernet, в которую, в свою очередь, информация приходит с нижнего уровня системы. В качестве промышленной сети нижнего уровня используется сеть Profibus, обработка информации от датчиков и передача её на верхний уровень осуществляется программируемыми логическими контроллерами, связанными сетью RIO.

Программно-технологический комплекс (ПТК) может быть выполнен в виде распределенной двухуровневой системы на базе Simatic Totally Integrated Automation фирмы Siemens, представляющей собой многосвязный объект следующей структуры.

Главный программируемый логический контроллер (ПЛК), вспомогательные ПЛК с приспособлениями удаленного ввода/вывода (RIO), которые выполняют все функции измерения, управления и регулирования, АРМ оператора

ра для управления и визуализации технологического процесса.

Все оборудование ПТК объединяется в единую сеть промышленными шинами Industrial Profibus и Ethernet.

Каждый участок ПТК оснащен измерительными преобразователями и исполнительными механизмами. В связи с этим техническая реализация интеграции системы в базовую схему управления может быть осуществлена с помощью полевой шины Profibus на нижнем уровне, и с помощью шины Industrial Ethernet на верхнем уровне.

Возможна визуализация следующих параметров плавки:

- номера ступени напряжения печного трансформатора,
- химического состава сплава в данный момент времени,
- скорости нагрева расплава,
- времени плавки,
- напряжения на электрической дуге,
- тепловых расходов,
- положения электродов.

Организация связи ПЛК системы управления тепловым режимом плавки (ТРП) с известными DP-устройствами (датчиками и исполнительными механизмами, ПЛК технологических участков) осуществляется через ПЛК регулятора напряжения (РН) по промышленной шине Profibus.

Для конструктивно разработанной структуры системы управления технологическим процессом плавки должен быть разработан алгоритм управления, выбираемый для конкретных промышленных условий.

На рис. 1 приведен пример структурной схемы распределенной двухуровневой системы управления процессом электродуговой плавки (прототип ЗАО «Тяжпромавтоматика»).

Управление процессом на верхнем уровне осуществляется с АРМ оператора.

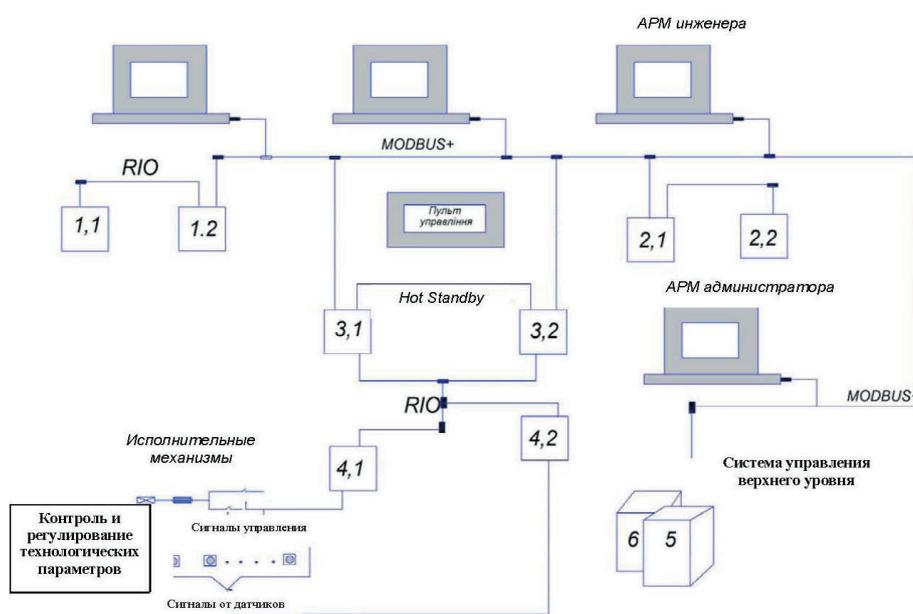


Рис. 1. Принципиальная схема компьютерно-интегрированной двухуровневой системы управления процессом электродуговой плавки

Применение описанной схемы обеспечивает широкий спектр возможностей, среди них:

- измерение и обработка параметров технологического процесса,
- автоматическое регулирование заданных параметров,
- вывод на технологический экран текущей информации о процессе,
- накопление архивной базы и её вывод при необходимости, в том числе в виде трендов,
- контроль работоспособности основных датчиков системы,
- подготовка сменных рапортов,
- оповещение об отклонениях от заданных параметров технологического процесса.

В качестве варианта технической реализации компьютерно-интегрированной системы управления могут быть приняты решения, предложенные в работе [17]. Подсистема верхнего уровня представляет собой автоматизированное рабочее (АРМ) место оператора-технолога, разработанное на базе SCADA-системы для мониторинга и управления процессом. При этом выбор SCADA-системы предполагает решение ряда вопросов, среди которых могут быть выделены:

- наличие обширной библиотеки драйверов промышленных контроллеров на базе технологии OPC;
- возможность создания представительного и удобного графического интерфейса;

- возможность дополнения динамических форм отображения в SCADA-системе на базе Active X;
- наличие развитой системы архивирования данных.

Для этих целей возможно использование TRACE MODE фирмы AdAstra. В качестве технических средств базовой автоматизации выбирается контроллер Modicon TSX Quantum фирмы Schneider Electric, обладающий высокой производительностью и возможностью построения PCSU. В качестве ЦПУ выбирается центральный процессор управления 140 CPU 213 04, использование высокоскоростной одноранговой сети MB+ позволяет экономично решать проблему "горячего" резервирования без применения стандартного резервного контроллера системы Quantum. В состав электротехнических изделий системы целесообразно включить оборудование Schneider Electric, в частности современные частотные преобразователи семейства ALTIVAR 66. При этом техническая структура системы управления также строится по иерархическому принципу, но включает в себя три уровня контроля и управления.

Подсистема верхнего уровня (АРМ оператора-технолога) выполняется на базе SCADA-системы TRACE MODE 5.09 с использованием персонального компьютера промышленного исполнения. Подсистема среднего уровня (базовый уровень автоматизации) выполнена на базе ПЛК Modicon TCX Quantum с использованием распределенного ввода/вывода.

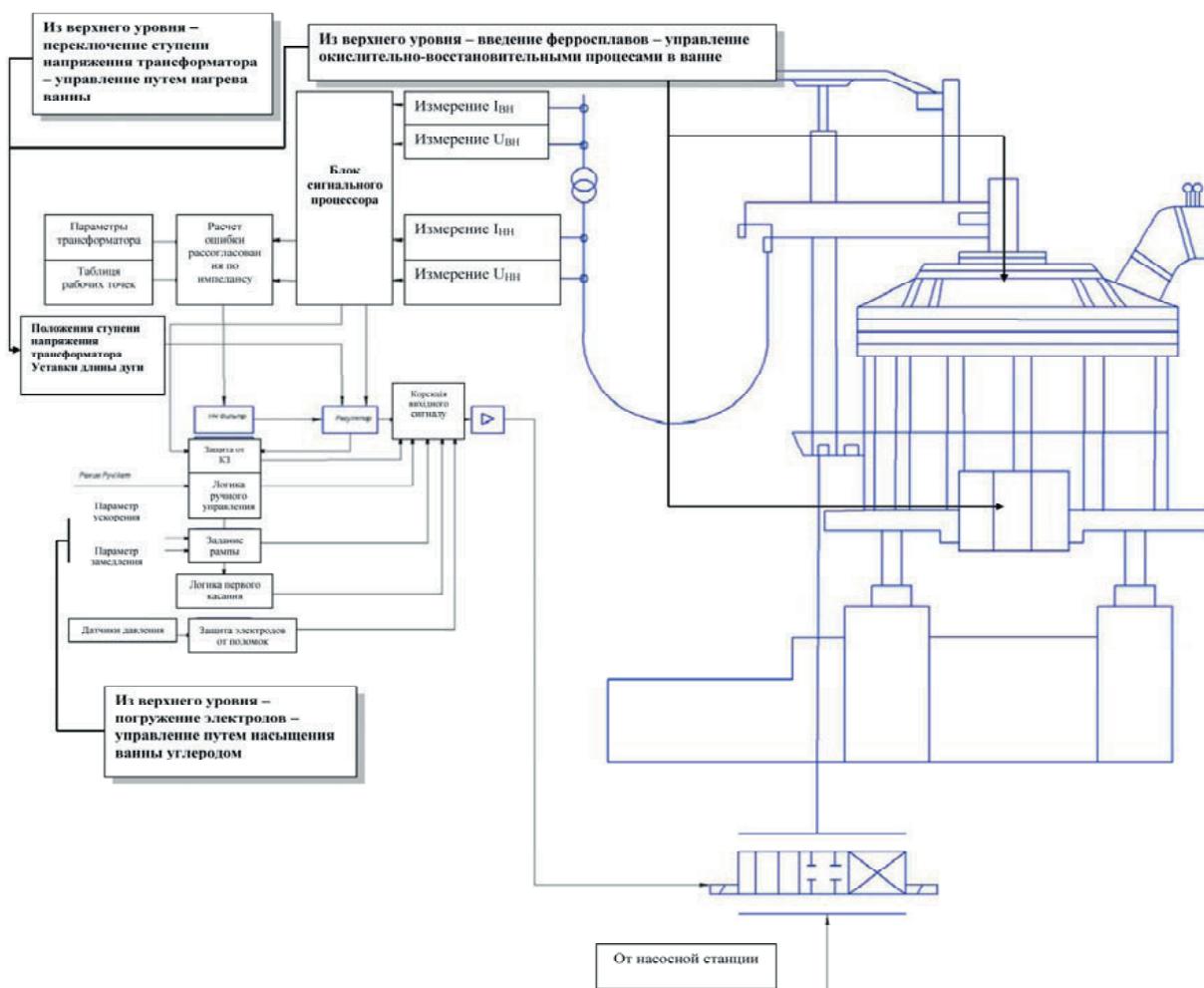


Рис. 2. Схема, поясняющая интеграцию решений, полученных на основе реализации алгоритма оптимального управления, в существующие промышленные системы

Распределенные узлы ввода/вывода (DIO) объединены в локальную сеть с использованием сетевой технологии Modbus Plus. Нижний уровень – технические средства управления электроприводами РЗУ и датчики КИПА.

Связь по сети Modbus Plus контроллера Modicon с компьютером станции оператора – технолога осуществлена через OPC Factory Server фирмы "Schneider Electric" с использованием адаптера сети, установленного на компьютере станции оператора-технолога. Частотно-регулируемый привод – на базе частотных преобразователей Altivar 66 фирмы "Schneider Electric". Таким образом, предложенные в работах [15 – 17] варианты программно-технической реализации могут быть рекомендованы для построения компьютерно-интегрированных систем управления электродуговой плавкой, рассматривая печь как элемент узла обслуживания системы массового обслуживания «электродуговая печь – литейный конвейер».

Техническая реализация алгоритмов оптимального управления процессом электроплавки и на этапе расплавления шихты, и на этапе термовременной обработки [14], позволяет решать задачи интеграции в функционирующие промышленные системы управления. При этом эффект совершенствования достигается благодаря дополнению систем регулирования электрических режимов (регуляторы мощности) элементами управления по конечному состоянию в условиях неопределенности параметров плавки. При этом сама печь рассматривается в комплексе с заливочным, формовочным и транспортным оборудованием плавно-заливочно-формовочной системы цеха. Схема, поясняющая интеграцию решений в существующие промышленные системы, показана на рис. 2.

Таким образом, предложенная процедура синтеза комбинированного управления электроплавкой позволяет интегрировать полученные решения в промышленные системы управления, дополняя процессы управления

электрическими режимами печи процессами управления технологическими параметрами в условиях неопределенности входных переменных, влияющих на формирование выхода.

5. Выводы

Компьютерно-интегрированные системы управления процессами электродуговой плавки представляют собой двух- или трехуровневые системы, комплектность которых подбирается в зависимости от требований как к качеству процессов, так и бюджетным возможностям предприятия. Например, аппаратная часть программно-технического комплекса системы управления печью может включать в себя контроллер SIMATIC S7-317 2DP, устройства нормирования и гальванической изоляции аналоговых сигналов, устройства сбора данных размещенные на шине PROFIBUS-DP, устройства сбора данных размещенные на шине K-BUS контроллера, промышленный компьютер и сенсорный дисплей. Возможно также использование TRACE MODE фирмы AdAstra. В качестве технических средств базовой автоматизации в этом случае может быть выбран контроллер Modicon TSX Quantum фирмы Schneider Electric, обладающий высокой производительностью и возможностью построения РСУ. В состав электротехнических изделий системы целесообразно включать оборудование Schneider Electric, в частности современные частотные преобразователи семейства ALTIVAR. При этом техническая структура системы управления строится по иерархическому принципу. Внедрение этих рекомендаций наряду с реализацией алгоритма оптимального управления электродуговой плавкой в печи, рассматриваемой как элемент системы массового обслуживания, обеспечивает возможность модернизации существующих систем управления электроплавкой.

Литература

1. Труфанов, И. Д. Общетеоретические аспекты разработки стохастической системы автоматизированной экспертной оценки динамического качества производственных ситуаций электросталеплавления [Текст] / И. Д. Труфанов, К. И. Чумаков, А. А. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – Т. 6, № 2 (18). – С. 52–58.
2. Труфанов, И. Д. Математическое моделирование и опытно-экспериментальное исследование энергоэффективности электротехнологического комплекса мощной дуговой сталеплавильной печи [Текст] / И. Д. Труфанов, К. И. Чумаков, А. И. Лютый // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – Т. 4, № 1 (28). – С. 64–69.
3. Труфанов, И. Д. Энергосберегающее управление электротехнологическим комплексом как база повышения энергоэффективности металлургии стали [Текст] / И. Д. Труфанов, В. П. Метельский, К. И. Чумаков, О. Ю. Лозинский, Я. С. Паранчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – Т. 6, № 1 (36). – С. 22–29.
4. Труфанов, И. Д. Научные основы разрешения инновационных проблем идентификации в системах автоматизации процессов электрометаллургии стали и сплавов [Текст] / И. Д. Труфанов, А. П. Лютый, К. И. Чумаков, И. А. Андрияс, Т. И. Казанская, В. В. Джиоев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – Т. 3, № 10 (45). – С. 8–23.
5. Разживин, А. В. Информационное обеспечение системы автоматического управления дуговой сталеплавильной печью по температуре металла [Текст] / А. В. Разживин, И. М. Сагайда // Вісник СУДУ. – 2000. – № 3 (25). – С. 215–220.
6. Разживин, А. В. Моделирование мощности и напряжения на электрической дуге [Текст] / А. В. Разживин, А. А. Сердюк // Наукові праці ДонНТУ. – 2003. – № 64. – С. 1–6.
7. Игнатов, И. И. Расчет электрических параметров и режимов дуговых сталеплавильных печей [Текст] / И. И. Игнатов, А. В. Хаинсон // Электричество. – 1983. – № 8. – С. 62–65.
8. Hidehari, Shibaik Long-term high-efficiency operation of Sakai No 2 blast furnace [Text]: third campaign / Shibaik Hidehari, Sasaki Shin // Nippon Techn. Rept. – 1998. – № 43. – P. 41–45.

9. Демин, Д. А. Оптимизация режима работы дуговой электропечи при плавке легированного чугуна [Текст] / Д. А. Демин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. – № 6(12). – С. 43–46.
10. Демин, Д. А. Совершенствование процессов управления электроплавкой [Текст] / Д. А. Демин // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – 2010. – № 4. – С. 33–44.
11. Демин, Д. А. Методология формирования функционала для задачи оптимального управления электроплавкой [Текст] / Д. А. Демин // Технологический аудит и резервы производства. – 2011. – Т. 1, № 1 (1). – С. 15–24.
12. Деміна, Е. Б. Выбор оптимальной стратегии технического перевооружения предприятия с металлургическим производством [Текст] / Е. Б. Деміна // Технологический аудит и резервы производства. – 2011. – Т. 2, № 2 (2). – С. 40–52.
13. Дьоміна, О. Б. Використання методів операційного менеджменту в ливарному виробництві [Текст] / О. Б. Дьоміна // Технологический аудит и резервы производства. – 2012. – Т. 2, № 2 (4). – С. 40–52.
14. Демин, Д. А. Применение искусственной ортогонализации в поиске оптимального управления технологическими процессами в условиях неопределенности [Текст] / Д. А. Демин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 5, № 9 (65). – С. 45–53.
15. Ишматов, З. Ш. Модернизация систем управления дуговыми сталеплавильными печами и её экономическая эффективность [Электронный ресурс] / З. Ш. Ишматов, Е. Ф. Тетяев, А. И. Грамотеев, А. Г. Петров. – Режим доступа: <http://www.uraltm.ru/UserFiles/File/Furnace.pdf>. – Загл. с экрана.
16. Елизаров, К. А. Сравнительные показатели дуговых сталеплавильных печей постоянного и переменного тока для литейных производств [Электронный ресурс] / К. А. Елизаров, М. М. Крутянский, С. М. Нехамин, А. И. Черняк. – Режим доступа: <http://www.comterm.ru>. – Загл. с экрана.
17. Боранбаев, Б. М. Автоматизированная система управления загрузкой доменной печи АК 'Тулачермет' с использованием роторного распределителя шихты [Электронный ресурс] / Б. М. Боранбаев, Ю. П. Божко, Т. И. Кушнир, В. Ф. Ткаченко, Ю. Г. Ахметшин. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2007/kita/kirichenko/library/b4.html>. – Загл. с экрана.

В статті проводиться аналіз існуючих підходів до вирішення задачі витримування впливів зовнішніх збурень системами автоматичного керування. Метою роботи є систематизація інформації про стан систем автоматичного керування безпілотними літальними апаратами. Розглядаються невирішені проблеми галузі, зокрема, проблема відсутності системи автоматичного керування гарантованої точності за умови невизначених збурень

Ключові слова: системи автоматичного керування, машинне навчання, інтелектуальні системи керування

В статье проводится анализ существующих подходов к решению задачи выдерживания воздействий внешних возмущений системами автоматического управления беспилотными летательными аппаратами. Целью работы является систематизация информации о состоянии систем автоматического управления беспилотных летательных аппаратов. Рассматриваются нерешенные проблемы отрасли, в частности, проблема отсутствия системы автоматического управления гарантированной точности при неопределенных возмущениях

Ключевые слова: системы автоматического управления, машинное обучение, интеллектуальные системы управления

УДК 519.71

ОГЛЯД СУЧАСНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ НА БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ

А. С. Міщук
Аспірант

Кафедра приладів та систем керування літальними апаратами
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: anastasiya.mishchuk@gmail.com

1. Вступ

Останні роки значний розвиток отримала мала авіація, зокрема, безпілотні авіаційні комплекси. Вони

широко використовуються для вирішення як військових так і цивільних задач, зокрема, задач екологічного контролю, моніторингу повітряного простору, контролю стану нафтопроводів, газопроводів, отримання даних