

2. Проведено моделирование системы управления на базе разработанного программно-моделирующего комплекса, демонстрирующее ранее представленные численные показатели методов и алгоритмов, примененных в системе управления энергосетью.

3. Получены прогнозные оценки электропотребления энергосистемы по данным потребляемой электроэнергии наружной температуры, типу дня и т.д.

4. Модель прогнозирования величины, потребляемой активной и реактивной мощности вполне работоспособна, однако на данном этапе все еще имеет довольно высокий уровень погрешности прогнозирования.

5. Для повышения точности прогнозирования необходимо увеличить базу данных, составляющих обучающую выборку, т.к. на данный момент имеющиеся данные охватывают временной промежуток длиной лишь 3-4 месяца.

#### Литература:

1. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике / Под общей ред. Ю.Н. Руденко и В.А. Семенова. [Текст] // М.: Издательство МЭИ, 2000. – 648 с.
2. Полуянович Н.К., Эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий. Южный Федеральный Университет, Инженерно-технологическая академия, Институт радиотехнических систем и управления, Кафедра электротехники и мехатроники. [Текст] / И.А. Тибейко // Таганрог, 2014.
3. Дубяго М.Н., Совершенствование методов диагностики и прогнозирования электроизоляционных материалов систем энергоснабжения. Монография [Текст] / М.Н. Дубяго, Н.К. Полуянович // Полуянович; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. – 192 с.
4. Полуянович Н.К. Оценка воздействующих факторов и прогнозирование электропотребления в региональной энергосистеме с учетом режима ее эксплуатации. ж. [Текст] / М.Н. Дубяго // Известия ЮФУ. Технические науки. №2 2022. С.31-46.
5. Дубяго М.Н. Алгоритм обучения искусственной нейронной сети факторного прогнозирования ресурса изоляционных материалов силовых кабельных линий. ж. [Текст] / Н.К. Полуянович // Известия ЮФУ. Технические науки. №2 2021. С.59-73.
6. Полуянович Н.К., Прогнозирование ресурса электроизоляционных материалов силовых кабелей с использованием метода искусственных нейронных сетей. монография [Текст] / М.Н. Дубяго, Н.В. Азаров, А.В. Огреничев // Ростов-на-Дону; Таганрог, 2022. С. 116.
7. Дубяго М.Н. Метод оценки и прогнозирования остаточного ресурса изоляции кабельных линий. ж. [Текст] / Н.К. Полуянович / Известия ЮФУ. Технические науки. №3 2019. С.132-143.

---

УДК 519.71

Нишанова Миновархон Мамасолиевна,  
ст. преподаватель, кафедра Технология  
компьютерного проектирования,  
Ферганский политехнический институт  
E-mail: ezrecruiter21@gmail.com

#### АВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЕ СИНТЕЗОМ

*В системе автоматического управления установившаяся точность системы определяется низкочастотным участком ЛАЧХ и зависит от значения передаточного коэффициента системы, а погрешность, вызванная возмущающим движением, зависит от коэффициента регулятора. Однако чрезмерное увеличение коэффициента передачи может привести к неустойчивости системы и необходимости ее корректировки с помощью КУ.*

*Ключевые слова: автоматическое управление, автоматическое регулирование, передаточная функция, переходной процесс, характеристическое уравнение, характеристика.*

Нишанова Миновархон Мамасолиевна, ага окутуучу,  
Компьютердик дизайн технологиясы кафедрасы,  
Фергана политехникалык институту

## СИНТЕЗДИ БАШКАРУУ УЧУН АВТОМАТТЫК МЕТОДДОР

*Автоматтык башкаруу системасында системанын стабилдүү абалынын тактыгы LАFCнин төмөнкү жыштык бөлүмү менен аныкталат жана системанын өтүү коэффициентинин маанисине, ал эми бузулган кыймылдан келип чыккан ката контролердун коэффициенти. Бирок өткөрүү коэффициенти ашыкча өсүшү системанын туруксуздугуна жана аны КУнун жардамы менен оңдоо зарылдыгына алып келиши мүмкүн.*

*Негизги сөздөр: автоматтык башкаруу, автоматтык башкаруу, берүү функциясы, өтмө процесс, мүнөздөмө теңдемеси, характеристика.*

Nishanova Minovarkhan Mamasolievna, senior lecturer,  
department Computer design technologies,  
Fergana Polytechnical Institute

## AUTOMATIC METHODS FOR SYNTHESIS CONTROL

*In an automatic control system, the steady-state accuracy of the system is determined by the low-frequency section of the LАFC and depends on the value of the transfer coefficient of the system, and the error caused by the disturbing movement depends on the coefficient of the controller. However, an excessive increase in the transmission coefficient can lead to system instability and the need to correct it with the help of KU.*

*Key words: automatic control, automatic control, transfer function, transient process, characteristic equation, characteristic.*

**Введение.** Задача автоматического синтеза технологических процессов (ТП) на основе универсальных инструментальных средств пока не нашла своего адекватного решения. Причиной является многообразие технологических процессов в различных прикладных областях и соответствующих требований, критериев и других особенностей. В настоящей работе предлагается обобщение и систематизация имеющихся подходов к построению ТП на основе базирующейся на знаниях интеллектуальной технологии. В самом общем представлении технологическая цепочка и технологический процесс являются результатом автоматического планирования (генерации) дискретных «действий», осуществляемых в соответствии с набором некоторых правил с учетом темпоральных аспектов предметных областей и баз знаний. Для генерации технологических цепочек (траекторий) будем использовать технику искусственного интеллекта в виде баз знаний, содержащих системы правил, которые являются основным способом синтеза планов. Правила, описывающие динамику поведения объекта, могут быть построены на основе циклограмм его работы, а также на основе знаний экспертов. Планирование позволяет создавать множество альтернативных вариантов, характеризуемых показателями качества, что является основой для выбора ТП, оптимизированных по заранее установленным критериям. Методы построения баз знаний, планирования и другие инструментальные средства,

основанные на правилах, изложены в основополагающих работах [1–3]. В настоящей работе рассматриваются наиболее общие вопросы автоматического синтеза оптимизированных процессов в различных прикладных областях.

Не останавливаясь в деталях на теории динамических интеллектуальных систем, приведем только некоторые ее фрагменты [1–3], которые являются наиболее важными для всех рассмотренных методов и подходов автоматического синтеза в настоящей работе. Каждое дискретное «действие», приводящее к текущему состоянию технологического процесса, реализуется в форме правил «если. . . , то. . . , иначе...», полнота и непротиворечивость которых достигается на системах имитационного моделирования совместно с экспертами. Каждое правило имеет следующий вид:  $P_i = \langle C_i, A_i, D_i \rangle$ , где  $C_i$  — условие применения правила,  $A_i$  — множество высказываний (фактов), добавляемых в результате применения правила,  $D_i$  — множество высказываний (фактов), удаляемых в результате применения правила.  $C_i$ ,  $A_i$  и  $D_i$  — есть множества атомарных формул некоторого языка  $L$ .

Важнейшим вопросом синтеза является оптимизация технологического процесса, для чего служит специальный инструмент — решатель. Планировщик задает для каждого состояния набор выполняемых операторов и передает информацию о текущем и желаемом последующем состоянии решателю. Кроме того, он запоминает весь ход решения задачи, предоставляя возможность возврата в любую точку разветвления процесса и выбор альтернативного состояния из заданного. Планировщик передает пару последовательных смежных состояний некоторого технологического процесса решателю и по результатам его работы осуществляет модификацию состояния в базе данных (изменение значений признаков (как количественных, так и качественных); появление новых и исчезновение старых признаков; появление новых и исчезновение старых патологических процессов). Он позволяет решить поставленную планировщиком задачу оптимального перехода из одного состояния к другому в соответствии с заданными показателями или заданными функциями качества. При этом происходит определение оптимальных значений признаков и функций, обеспечивающих такой переход. Технологический процесс является оптимальным, если он обеспечивает экстремум целевой функции при выполнении системы ограничений, отражающих условия протекания процесса, и требования, предъявляемые к нему. Для постановки задачи оптимизации необходимо сформировать математическую модель процесса, которая должна включать в себя критерии оптимальности, целевую функцию, систему ограничений, входные, выходные и внутренние параметры, управляемые (варьируемые) параметры.

**Теория автоматического управления** — раздел технической кибернетики, проводящий научные исследования по созданию систем автоматического управления (САУ) различными процессами различной сложности и характера. В теории автоматического управления вместо реальных объектов используются их подобные (адекватные) математические модели (математическая логика). В основном он касается двух задач: анализа и синтеза АБТ. Два типа систем управления, то есть открытые и закрытые системы управления, отличаются друг от друга способом управления процессами. В первом управляющие воздействия ориентированы на уменьшение разницы в их насыщенности, исходя из эффектов, насыщающих процесс. Основным недостатком такой системы управления является то, что она не может устранить внешние демпфирующие эффекты, которые невозможно измерить. Кроме того, эти системы управления не могут длительное время управлять неустойчивыми объектами. В основе закрытых систем управления лежит идея обратной связи. Эта идея известна как принцип управления отклонением (или управление с обратной связью). Здесь за счет отклонения параметров управления от требуемого уровня формируются сигналы

исполнения, возвращающие их в требуемое состояние. Универсальность этого метода проявляется при управлении неустойчивыми объектами.

**Автоматизация** — важное средство повышения эффективности производственных процессов и одно из основных направлений научно-технического процесса. Современное промышленное производство характеризуют сложность технологических процессов и немалые масштабы, увеличение мощности отдельных агрегатов и установок за счет использования интенсивных и высокоскоростных режимов, повышение требований к качеству продукции, безопасности персонала, также сохранности оборудования и окружающей среды. Экономичная, безопасная и надежная эксплуатация сложных промышленных объектов может быть обеспечена только при помощи самых передовых технических средств управления и принципов.

Теория автоматического управления, предмет изучения которой — информационные процессы, протекающие в системах управления техническими и технологическими объектами, выявляет общие закономерности функционирования, которые присущи автоматическим системам различной физической природы, и на их основе разрабатывает принцип построения высококачественных систем управления. Одно из направлений теории автоматического управления составляют линейные системы управления, которые основываются на применении принципов обратной связи по выходным координатам или по вектору координат состояния объекта управления [3]. Под синтезом системы автоматического управления В. Бесекерский определяет «направленный расчет, имеющий конечной целью отыскание рациональной структуры системы и установление оптимальных величин параметров ее отдельных звеньев» [2]. В настоящее время существуют различные точки зрения относительно основы синтеза.

С первой точки зрения синтез интерпретируется в качестве задачи вариационного исчисления. При этом рассматривается построение системы автоматического регулирования, при котором для данных условий работы (возмущающие воздействия, ограничения по времени, помехи) обеспечивается теоретический минимум ошибки.

Во многих случаях решением задачи такого рода является определение общего необходимого коэффициента усиления системы, а также, при необходимости, — типа корректирующих средств, которые будут повышать точность системы. Эта задача может решаться при помощи определения ошибок в типовых режимах на основе критериев точности, и поскольку последние весьма несложны в практическом использовании, то решение такой задачи обычно не предполагает вычислительных сложностей. Решение оказывается сравнительно простым вследствие необходимости установления значений относительно небольшого числа параметров. В самом простом случае требуется найти лишь общий коэффициент усиления заданной системы. [1].

Вторая точка зрения следующая: синтез также можно трактовать как инженерную задачу. При этом построение системы автоматического регулирования рассматривают такое, которое будет соответствовать техническим требованиям. Проектирующий систему инженер в таком случае из возможных будет предпочитать использовать решения, оптимальные с позиции определенных существующих условий и заданных требований к точности, допускаемому характеру переходных процессов, размерам, надежности, простоте исполнения и т. д. В отдельных более узких случаях анализируют синтез, который нацелен на определение вида корректирующих средств и их параметров, на которые для обеспечения требуемых динамических качеств следует расширить неизменяемую часть системы, а именно — объект с регулятором.

**Актуальность и задачи исследования.** Решение задачи такого типа будет заключаться в обеспечении оптимальных переходных процессов, что на основании большого числа модулируемых характеристик и поливариантности результатов демпфирования системы чаще всего более сложно реализовывать на практике. По этой

причине имеющиеся в настоящем времени инженерные решения зачастую обходятся определением только второй задачи, при котором, основываясь на использовании уже существующих критериев точности, в меру просто можно достигнуть требуемой точности.

На сегодняшний день в рамках линейной теории автоматического управления разработано большое число методов синтеза систем автоматического управления, которые способствуют обоснованному выбору удовлетворяющих заданным заранее требованиям структур и параметров систем. Тем не менее в процессе их эксплуатации качество управления снижается в силу нелинейности характеристик элементов, изменчивости параметров и мультирежимности работы объектов управления, становясь иногда недопустимым вовсе.

Для целей синтеза систем автоматического регулирования задействуют разного рода электронные и электромеханизированные вычислительные машины, которые позволяют полностью или частично моделировать подобные проектируемые системы. Подобное моделирование позволяет достаточно хорошо изучать, к примеру, влияние факторов нелинейности или же зависимость от времени параметров системы, но оно не способно в полной мере заменить позволяющие исследовать проблему в общем виде и находить оптимальное решение расчетные методы проектирования. Следовательно, несмотря на развитие и распространения машинных методов синтеза, теория должна включать в себя какие-то свои собственные методы, являющиеся основой при нахождении наилучшего, оптимального решения и наиболее полно дополняющие моделирование процессов.

**Материалы и методы исследования.** Использование более сложных нелинейных алгоритмов повышает качество процессов управления при больших отклонениях от нормы. По сей день разработка методов синтеза линейных законов управления, которые позволяли бы обеспечивать нужное качество в области линейного регулирования, является важной и актуальной задачей.

Разберём множество различных методов синтеза систем, которые разработаны на данный момент:

1. Корневой метод.
2. Метод корневых годографов.
3. Метод стандартных переходных характеристик.
4. Метод логарифмических амплитудных характеристик.

Синтез систем автоматического регулирования методом логарифмических амплитудных характеристик в настоящее время является наиболее из самых удобных и наглядных. Наиболее сложный момент при расчёте методом логарифмических амплитудных характеристик заключается в установлении связи показателей качества переходного процесса с параметрами желаемой Л. А. Х., что объясняет относительно сложная взаимосвязь между переходной линейной системой и её частотными характеристиками. Задача построения желаемой Л. А. Х. значительно облегчается, если вместо оценки качества работы системы по её переходной характеристике будет проведена оценка качества непосредственно её частотных характеристик.

**Выводы.** Таким образом, на основании данного анализа различных методов синтеза систем автоматического регулирования был выбран метод желаемых частотных характеристик в качестве наиболее выгодного. В ходе синтеза системы управления данным методом можно рассчитать области низких, средних и высоких частот, после чего перейти к построению желаемой ЛАЧХ, на основании которого может быть выражена передаточная функция. При помощи последней возможно построение логарифмической фазовой частотной характеристики, построив запретную область, для которой можно удостовериться в устойчивости системы при непопадании

в неё фазы. [2] Для точного определения устойчивости системы уже требуется построение АФХ.

#### Литература:

1. Бесекаерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. — Изд-е 4-е, перераб. и доп. — СПб: Изд-во «Профессия», 2013. — 752 с.: ил.
2. Босс В. Лекции по теории управления [Текст]. Т.1: Автоматическое регулирование / В. Босс. — стереотип. изд. — М.: URSS. ЛИБРОКОМ, 2014. — 216 с.: ил.
3. Воронов А. А. Теория автоматического управления. Ч.1. Теория линейных систем автоматического управления. Под ред. А. А. Воронова. Учеб.пособие для вузов. М.: Высш.шк., 1986. — 367 с., ил.
4. Рожкова, Ю. С. Методы синтеза систем автоматического управления / Ю. С. Рожкова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 51 (446). — С. 57-59. — URL: <https://moluch.ru/archive/446/97967/> (дата обращения: 10.09.2023).
5. А. В. Латышев, В. А. Ромакин, В. М. Хачумов, М. В. Хачумов Методы и модели автоматического синтеза технологических процессов, основанного на знаниях // Программные системы: теория и приложения Электронный научный журнал ИПС им. А.К. Айламазяна РАН - №3 (30) 2016, С.25-43

---

УДК 631.3:621: 621.1

Омаров Рашид Абдыгаравович, д.т.н., профессор,  
научно-производственного центра  
сельскохозяйственного машиностроения,  
г. Алматы, Республика Казахстан,  
Турсунбаев Жанболот Жанышович, к.т.н., доцент,  
ректор Ошского технологического университета им.  
М.М. Адышева,  
Кунелбаев Мурат Меркебекович, маг. физики,  
Институт информационных и вычислительных  
технологии Комитета науки Министерства науки и  
высшего образования Республики Казахстан,  
Токтоналиев Бакыт Соотбекович, к.т.н.,  
Карасартов Урмат Эркинбекович, к.т.н.,  
Кыргызский национальный аграрный университет  
им. К.И. Скрябина  
E-mail:omarov-rashit@mail.ru,ulpett@mail.ru

### РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*В данной работе был разработан контроллер автоматического управления для двухконтурной солнечной системы с термосифонной циркуляцией на базе платформы STM32. Система работает с использованием шести датчиков (датчик температуры, датчик расхода воды, датчик давления, датчик температуры охлаждающей жидкости в баке нагревателя, датчик температуры охлаждающей жидкости в теплообменнике и датчик температуры наружного воздуха). Шесть датчиков управляются с помощью, программируемой логической интегральной схемы (FPGA) STM32, предназначенной для мониторинга всей солнечной системы, а приводы*