

УДК 681.5

Михайлов С.А., Харченко Р.Ю.
НУ «ОМА»

ГИБРИДНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕТИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО МИКРОКЛИМАТА

Постановка проблемы в общем виде. Несмотря на то, что системы кондиционирования и вентиляции (СКВ) – одни из первых судовых энергетических установок, которые были автоматизированы, до настоящего времени возникают проблемы с быстродействием и точностью регулировки этих систем. Обслуживающий персонал вынужден часто вручную корректировать систему автоматического регулирования (САР) СКВ, а люди в обслуживаемых помещениях претерпевать временные неудобства, вплоть до риска заболеть из-за перепадов температур. Задача оптимизации режимов работы данных систем усложнена ещё и тем, что СКК судна, как объект управления, подвержена воздействию многочисленных возмущений нелинейно изменяющихся во времени: температура забортной воды, солнечная активность, скорость и температура воздушных потоков, меняющиеся температурные условия внутри помещений и т.д. Кроме того, в последнее время существенно возрастают требования к системам микроклимата на судах для повышения производительности труда моряков, т.к. на фоне ухудшающихся экологических параметров окружающей среды в целом, вредных производств вблизи районов плавания, аварийной опасности, вредных перевозимых грузов, вирусной и микробиологической опасности и т.п. качество воздушной среды в помещениях, контроль его состава и быстрые меры по нормализации выходят на первый план. Компьютеризация и оснащение судов дорогостоящими приборами, точная и безотказная работа которых возможна только при определенных температуре и влажности воздуха, строгие параметры для многих перевозимых грузов также сильно усложняют задачи САР СКВ.

В наше время, в период острой конкуренции и погоней за созданием наиболее комфортных условий для людей и грузов на судах, понятие автоматизации СКВ судов стало подразумевать в себе не только контроль сразу нескольких параметров воздуха, а намного больший реестр компонентов для математических моделей САР и потому более правильно будет говорить о *системе комфортного*

микроклимата (СКМ) [1]. В отличие от типовой СКВ она включает в себя более широкий спектр показателей качества воздуха – целый комплекс метеорологических условий в помещении: температура, относительная влажность, количество аэроионов, воздухообмен, скорость движения воздуха, содержание в воздухе твердых частиц (пыли), газовый состав и др. вплоть до наличия приятных запахов (ароматерапия) для повышения трудоспособности экипажа и комфорта пассажиров. Актуальность задач обеспечения более высоких показателей быстродействия, качества, энергоемкости и надежности САР СКМ судов очевидна.

Целью статьи является проведение анализа традиционных и самых современных методов оптимизации для эксплуатации САР СКМ морских судов путем компьютерного моделирования и обоснование предложенного подхода – применения гибридных интеллектуальных систем.

Анализ состояния проблемы. В настоящее время увидеть судно с контролем в системах микроклимата более 2-х параметров (температура-влажность) практически невозможно. Кроме того большинство традиционных регуляторов (П, ПИ, ПИД) при проведении пусконаладочных или режимных работ приходится донастраивать вручную. Именно такие регуляторы используются в основном на большинстве судовых СКВ. И хотя на современных судах, оснащенных компьютерными системами управления, процедура адаптации сводится к переустановке программного обеспечения с новыми параметрами алгоритма управления, ее все же требуется выполнить вручную, что связано с затратами времени и дополнительной работой для обслуживающего персонала. Кроме этого разработчик программного обеспечения для такой системы, как правило, пользуется моделями настройки регуляторов по реакции системы на ступенчатое воздействие, осуществляемое регулирующим органом, т.е. по переходной характеристике системы. Фиксируя вид этой характеристики, при некоторой начальной настройке и имея из опыта определенное представление о характере влияния параметров регулятора на вид этой характеристики, эксперты – наладчики производят соответствующую корректировку параметров настройки регулятора. Затем опыт повторяют и производят анализ новой характеристики. Настройки оптимизируют до тех пор, пока переходный процесс регулирования не станет удовлетворительным. Данный подход является

наиболее распространенным и его модификациям посвящены многочисленные публикации и патенты [2].

Анализ адаптивного подхода. При наличии процесса автоматизированной адаптации адаптивная настройка может выполняться в соответствии с классической структурной схемой, представленной на рис. 1.

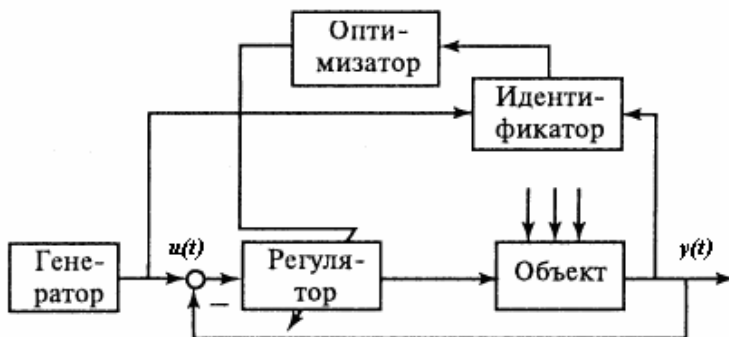


Рис. 1. Структурная схема системы активной адаптации в САУ

Структура включает идентификатор анализирующий модель объекта, и оптимизатор, в котором производится расчет настройки регулятора на очередном шаге движения к оптимуму и соответствующая установка в регуляторе. Во время процедуры адаптации на вход регулятора от генератора подается ступенчатое внешнее идентифицирующее воздействие в виде ступенчатой функции времени $u(t)$ и регистрируется изменение регулируемой величины. Реакция на это воздействие (изменение во времени регулируемой величины $y(t)$) будет с точностью до амплитуды входного воздействия представлять собой соответствующую переходную характеристику замкнутой системы. Из нее при известном алгоритме функционирования регулятора может быть получена передаточная функция или комплексная частотная характеристика (КЧХ) объекта. Рассчитывая такую математическую модель объекта, можно произвести расчет оптимальных параметров настройки ПИ или ПИД-регулятора. Следует отметить, что оценка переходной характеристики замкнутого контура в реальных условиях работы систем регулирования обычно обладает относительно нестабильным характером, т.е. если эксперимент повторять несколько раз, то будут получаться сильно разнящиеся результаты, что повлияет на адекватность модели объекта. Однако, если характе-

ристика имеет колебательный характер, то по ней можно оценивается степень затухания колебаний и их период. В связи с этим был проведен анализ метода адаптации, при котором динамика контура оценивалась этими параметрами переходной характеристики контура, т.к. аналогичный подход используется во многих адаптивных микроконтроллерах различных компаний, специализирующихся в области автоматизации [3].

Отметим что представленные методики предполагают то, что оптимальная настройка регулятора может считаться решенной и процесс последовательных приближений прекращен, если значения параметров настройки на очередном шаге окажутся близкими к их значениям на предыдущем шаге, но такой поиск может превысить допустимый временной диапазон. В последнее время начинают применяться автоматические системы каскадно-связанного регулирования, в которых для улучшения качества регулирования устраиваются дополнительные связи между каскадами (контурами). Однако, наряду с достоинствами, каскадные системы обладают и рядом недостатков. Одним из них является сложность настройки такой системы и отсутствием стандартных методик по расчету настроек для главного и вспомогательного ПИ – регуляторов. Также можно отметить, что при изменении значений параметров объекта выбранные настройки не удовлетворяют качеству переходного процесса и нуждаются в адаптации.

Таким образом, известные традиционные методы нуждаются в усовершенствовании и задача поиска оптимальных процессов адаптивного управления остается открытой. Поэтому авторами далее рассмотрен новый подход в автоматизации САР СКМ судна – метод нечеткой адаптации. Доказано, что использование нечеткого (фаззи) управления производительностью компрессора холодильной установки СКВ позволяет добиться снижения энергопотребления и обеспечить поддержание комфортных параметров воздуха в кондиционируемых помещениях [7].

Исходя из вышеизложенного, предлагается использовать нечеткую систему регулирования с одним фаззи-контроллером и вводом в него информации по двум каналам: с выхода объекта и из промежуточной точки объекта. Такое управление является наиболее совершенным. Система с нечетким микропроцессором реализует оптимальное (программированное) управление по нечеткой модели и рационально использует все возможности системы [8]. Данные систе-

мы с высокой точностью поддерживают регулируемые параметры на заданном уровне.

Разработка нечеткой модели.

При разработке нечеткой модели определены нечеткие множества ошибки $e(t)$, скорости ее изменения $e'(t)$ и управляющего воздействия $u(t)$; вышеуказанные нечеткие множества описаны с помощью лингвистического языка, где лингвистические переменные (ЛП) следующие: NB – негативно большое, NS – негативно среднее, NM – негативно малое, Z – нулевое, PS – положительно среднее, PM – положительно малое, PB – положительно большое [6]. Продукционная база правил вида: ЕСЛИ $e(t) = NS$ И $e'(t) = Z$ ТО $u(t) = NM$ представлена в виде табл. 1. Для апробации предложенной нечеткой каскадной системы управления СКК и проведения анализа эффективности её работы по сравнению с традиционной, состоящей из двух последовательно включенных ПИ – регуляторов, были проведены виртуальные эксперименты в среде Matlab (рис. 2). Объект 3-го порядка с запаздыванием в виде инерционных звеньев представляет собой модели двух калориферов, камеры орошения и вентилятора [7].

Таблица 1 – База правил нечеткого контроллера

Ошибка $e(t)$	Производная от отклонения, $e'(t)$						
	NB	NS	NM	Z	PM	PS	PB
	$U(t)$ - управление						
NB	NB	NB	NB	OS	Z	PM	PS
NS	NS	NS	NS	NM	PM	PM	PS
NM	NS	NM	NM	Z	Z	PM	PS
Z	NS	NM	NM	Z	PM	PM	PS
PM	NM	NM	Z	Z	PM	PM	PS
PS	NM	NM	Z	PM	PS	PS	PS
PB	NS	NM	Z	PS	PS	PB	PB

Переходные процессы с выхода объекта, полученные на осциллографе (рис.3), демонстрируют преимущество фаззи-системы (апериодический процесс крив. 2) по сравнению с типовой САР (крив. 1). Таким образом, предложенная нечеткая система управления успешно поддерживает заданные параметры воздуха и может быть использована при управлении СКМ морского судна.

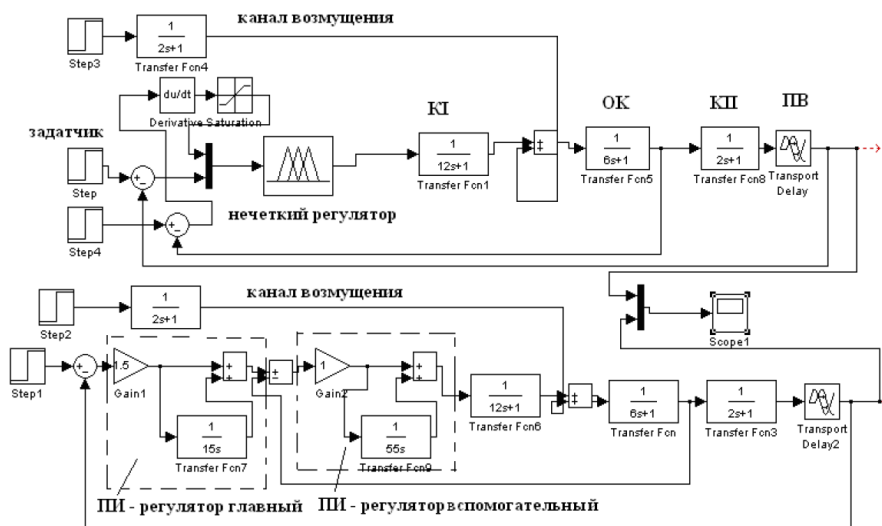


Рис.2. Структурные схемы нечеткой и типовой каскадных САУ СКМ по каналу задания при действии канала возмущения

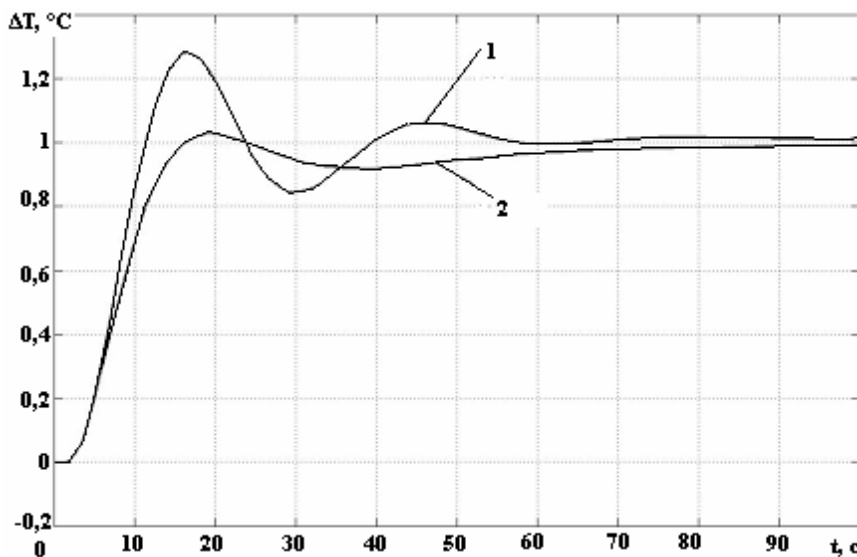


Рис.3. Переходные процессы САУ СКМ: 1 – каскадная с ПИ – регуляторами; 2 – нечеткая адаптивная

Отмечая основные достоинства нечеткого вида управления СКМ морского судна по сравнению с традиционной адаптацией, таких как простота настройки фаззи – регулятора, отсутствие необходимости в построении сложных математических моделей, отсутствие необходимости в специальных устройствах для адаптации (генераторах, пробных скачках и т.д.), дешевизна оборудования, экономия электроэнергии за счет уменьшения времени регулирования T_p , а также высокая точность поддержания заданных параметров, следует сказать что использование адаптивного регулирования в системе контроля климата судовых помещений дает немало возможностей. Оно позволяет сократить время настройки контуров регулирования температуры и требования к квалификации обслуживающего персонала, гарантировать наилучшее качество управления СКМ в любой момент времени и в любом местоположении широкого класса судов и обеспечить непрерывный процесс подстройки параметров регулятора под изменяющиеся свойства помещений.

Адаптивные регуляторы позволяют экономить до 15 % энергоресурсов по сравнению с ручным управлением или порядка 5 % по сравнению с неоптимально настроенным классическим ПИД регулятором. Кроме того, применение адаптивного регулирования ведет к сокращению сроков и стоимости пуско-наладочных работ [7]. Так как современная электроника обладает огромными аппаратными ресурсами, в зависимости от требований к САР можно предусмотреть алгоритм работы блока адаптации с автоматическим просчетом регулировочных характеристик и дополнить его всеми известными методами синтеза регуляторов, от традиционных (Ротача, Зиглера-Николса, Л.И. Кона, метод незатухающих колебаний) до суперсовременных на основе нечеткой логики, нейронных сетей и генетических алгоритмов. Благодаря таблице оптимальных настроек блок адаптации предложенного варианта построения САР определяет наилучший вариант работы системы СКМ помещения судна.

В дальнейшей научной работе планируется усовершенствовать предложенную нечеткую систему регулирования путем разработки и использования новых алгоритмов, а также расширения функциональных возможностей системы (регулирование воздухообмена, влажности, химико-биологического состава воздуха и т.д.) и в результате разработать систему поддержки принятия решений (СППР). Становится явно видна проблема выборки наилучшей модели. Авторы считают перспективным в данной области применение интеллек-

туально-адаптивных методов оптимизации работы СКМ на базе нейронных сетей (НС) и генетических алгоритмов, а также их совместного применения в виде гибридных интеллектуальных сетей (ГИС) [9]. ГИС потенциально являются мощным инструментом решения сложных проблем, которые не под силу отдельным подходам. Именно гибридные системы обеспечивают полноту базы знаний. Имеется ряд работ, показывающих что использование аппарата гибридных сетей, в которых выводы производятся на основе теории нечетких множеств, успешно позволяют провести идентификацию объектов даже функционирующих в условиях неопределенности [10].

Выводы

Анализ методов интеллектуального управления применительно к СКМ судна позволяет сделать вывод о перспективности использования нейро-нечеткой логики для повышения качества режимов эксплуатации этими судовыми автоматизированными системами. Здесь для решения задачи используется более одного метода имитации интеллектуальной деятельности человека. Таким образом ГИС — это совокупность: аналитических моделей, экспертных систем, искусственных нейронных сетей, нечетких систем, генетических алгоритмов, имитационных статистических моделей. Такие интеллектуальные системы обладают свойствами самообучаемости и способностью изменяться в зависимости от обстоятельств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефремов, С.Н., и др. Анализ возможности автоматического управления системой кондиционирования воздуха на морских судах. – Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 119/2011. Серія: Механіка, енергетика, екологія. — Севастополь, 2011.
2. Усков, А.А. Принципы построения систем управления с нечеткой логикой / А.А. Усков. Приборы и системы. Управление, Контроль, Диагностика. – 2004. – № 6. С. 7-13.
3. Ротач, В.Я. Теория автоматического управления, /В.Я. Ротач.— М.: МЭИ, 2008. — 396 с.
4. Ковриго, Ю.М., А.П.Мовчан. Адаптивное управление теплоэнергетическими процессами.//Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы.—Харьков: ХНТУ, – 2007. – № 2(20).— С. 147—156.

5. Бондарь, Е.С., Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: учебное пособие / Е.С. Бондарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич. Под общ. ред. Е.С. Бондаря – К.: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим» 2005. – 560с.: ил. – Библиогр.: с. 548-549.
6. Леоненков, А.Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech, /А.Ю. Леоненков.—СПб.: БХВ, 2003.—720 с.
7. Харченко, Р.Ю. Методы адаптивного регулирования в системе климатического контроля судна, / Р.Ю. Харченко. — Автоматизация судовых технических средств: научно-технический сборник – 2011. – Вып. 17. – ОНМА. – 123с.
8. Рутковская, Д.М. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы, /Д.М. Рутковская, М.В. Пилиньский, Л.М. Рутковский. – Горячая линия.: Телеком, 2006. — 383 с.
9. Михайленко, В.С., Харченко Р.Ю. Застосування гібридних мереж в адаптивних системах управління теплоенергетичних об'єктів, /В.С. Михайленко, Р.Ю. Харченко. – /Наукові праці ВНТУ, № 1, 2012. — С.1 – 9.