Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

С. Ю. Ганигин, С. В. Шигин, Адаптивная система автоматического управления технологическим процессом непрерывной подготовки водотопливной эмульсии, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2001, выпуск 12, 207–209

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu87>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.89.56.158

26 апреля 2023 г., 12:17:15

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Рассматриваются подходы к построению систем управления технологическим процессом непрерывной подготовки водотопливных эмульсий для энергетических установок. Предлагаются алгоритмы определения оптимального компонентного состава эмульсии и приводится упрощенная структура адаптивной системы управления для их реализации.

Известен опыт применения эмульгированных дизельных топлив. При этом заметно увеличивается экономичность двигателей, снижаются дымность, температура и токсичность выпускных газов [1]. Существует две возможности использования водотопливной эмульсии (ВТЭ): использование подготовленной заранее эмульсии с фиксированным компонентным составом и непрерывная подготовка эмульсии непосредственно перед применением в процессе функционирования энергетической установки. Во втором случае возникает задача автоматического управления компонентным составом ВТЭ по показателям сгорания и в зависимости от режима работы двигателя. Решение этой задачи классическими методами теории управления затруднено тем, что параметры объекта управления часто бывают неизвестны заранее и изменяются с течением времени как в процессе функционирования, так и на протяжении всего времени эксплуатации (износ, ремонтные работы и т.д.), т.е. процесс изменения этих параметров является нестационарным. Обойти указанные трудности можно, применяя современные методы теории управления. В частности, решить задачу управления при ограниченной априорной информации позволяют адаптивные системы управления с самонастраивающимися моделями. При этом

Р и с. Структурная схема адаптивной системы управления компонентным составом ВТЭ

можно использовать наиболее простые модели вход-выход, параметры которых не отражают сути физических явлений в объекте управления.

Рассмотрим упрощенную структурную схему системы управления компонентным составом ВТЭ, представленную на рисунке. В состав системы входит: регулятор расхода воды, устройство подготовки ВТЭ, датчики концентрации воды в ВТЭ, расхода ВТЭ, скорости вращения вала, крутящего момента на валу, измерители показателей токсичности (NOx, CO), система сбора данных и принятия решения (ССДПР).

К устройству подготовки ВТЭ топливо поступает непосредственно, а вода – через управляемый регулятор расхода. Полученная эмульсия подается в топливную аппаратуру двигателя. Требуемый расход воды определяется в ССДПР на основе информации о показателях сгорания и режима работы, поступающей с датчиков.

Целью управления является обеспечение такой оптимальной концентрации воды в ВТЭ, при которой достигается снижение показателей токсичности (при возможности ниже соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК)) и минимизация удельного расхода топлива при заданном нагрузочном режиме.

В работе рассматриваются подходы к построению адаптивных систем управления для решения поставленной задачи.

Достижение цели управления адаптивными методами связано [2] с минимизацией функционала Q при заданных ограничениях

$$Q = \int_{t_0}^{t_k} q[t, u(t), w(t), v(t), r(t)] dt, \quad (1)$$

где u – сигнал управления; w – наблюдаемые возмущающие воздействия; v – вектор выходных сигналов объекта; r – желаемое значение выхода; $q[\bullet]$ – заданная неотрицательная функция; t_0 и t_k – моменты начала и конца функционирования системы соответственно.

В нашем случае u – сигнал, подаваемый на регулятор расхода воды; w – концентрация воды в ВТЭ, расход ВТЭ; v – показатели токсичности, относительные параметры нагрузочного режима, удельный расход топлива; r – наилучшее достижимое значение элементов вектора v .

Алгоритм управления должен обеспечить получение

$$u^*(t) = \arg \min_{u \in \Omega} \tilde{Q}[u | I(t)]. \quad (2)$$

Здесь Ω – заданная область допустимых сигналов управления; $I(t)$ – имеющаяся в текущий момент времени апостериорная информация о функционировании объекта в промежутке времени (t_0, t) : $I(t) = \{w(\tau), u(\tau), v(\tau); \tau \in (t_0, t)\}$; $\tilde{Q}[u | I(t)]$ – имеющийся в момент t прогноз (оценка) $q[\bullet]$, которая может быть получена при данной $I(t)$ и при условии, что в будущем (в промежутке $\tau \in (t_0, t_k)$) будет реализован данный сигнал управления $u(\tau)$.

В общем случае алгоритм управления может быть сконструирован в виде

$$u^*(t) = U[t, \hat{a}, I(t)], \quad \forall t \in (t_0, t_k). \quad (3)$$

Здесь $U[\bullet]$ – некоторый детерминированный оператор; $\hat{a}$ – конечномерный вектор параметров, уточняющийся в процессе функционирования системы.

При выбранной заранее структуре оператора $U[\bullet]$ задача конструирования алгоритма (3) сводится к отысканию вектора $\hat{a}$, обеспечивающего выполнение условия (2).

В рассматриваемой задаче структура функционала (1) строится в соответствии с целями управления (улучшение показателей токсичности и снижения удельного расхода топлива при заданных частоте вращения и крутящем моменте на валу двигателя), причем выбор того или иного показателя токсичности в качестве аргумента осуществляется в зависимости от нагрузочного режима двигателя. В частности, при пониженном нагрузочном режиме используется концентрация CO и дымность ОГ, а при повышенном – концентрация NOx. Критерий снижения показателей токсичности в данной системе является приоритетным. Таким образом, при определении оптимального входного воздействия в первую очередь находится интервал входных воздействий, в котором выбранный показатель токсичности не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК) или делается вывод о том, что такая ситуация недостижима. Указанный прогноз осуществляется по уточненной модели по показателям токсичности. Далее в найденном интервале, в соответствии с уточненной моделью, по показателям экономичности определяется единственное значение входного воздействия, при котором достигается минимальное

значение удельного расхода топлива. Такой алгоритм осуществим в случае однозначных характеристик объекта управления по показателям токсичности и разрабатывается на основе анализа исследований по вопросам применения ВТЭ. Действительно, как показано в [1], зависимости показателей токсичности от концентрации воды в ВТЭ монотонны, а зависимости удельного расхода имеют одну точку экстремума в допустимом диапазоне изменения концентраций воды.

В качестве функции $q[\bullet]$ при численном моделировании системы использовался квадрат невязки соответствующих элементов векторов $\mathbf{g}$ и $\mathbf{v}$.

Выбор оператора $U[\bullet]$ обусловлен мощностью вычислительных средств и при решении данной задачи в качестве этого оператора использовалась кусочно-линейная аппроксимация модели вход-выход объекта управления. Параметры вектора $\hat{\mathbf{a}}$ уточняются методами идентификации. В данном случае при проведении численного эксперимента использовался метод наискорейшего спуска с минимизацией вдоль направления движения [4]. В алгоритме адаптации вводится заранее определенная величина запаздывания, обусловленная динамикой объекта управления.

Распространенным подходом к определению элементов вектора $\mathbf{g}$ (желаемое значение выхода в области достижимых значений) является использование тестовых сигналов [3], которые подаются в некоторые моменты времени на вход объекта управления. В данной задаче необходимо уменьшить использование тестовых сигналов. Для этого, в качестве элементов вектора $\mathbf{g}$ использовались нечеткие множества. При построении реальной системы функции принадлежности этих нечетких множеств могут быть заданы на основе априорной информации о функционировании объекта управления и соответствующими стандартами. Использование нечетких множеств при задании вектора $\mathbf{g}$ упрощает оценивание управляемости объекта и качества функционирования системы управления по значению функции принадлежности.

Результаты моделирования рассматриваемой системы управления показывают, что система работоспособна для широкого класса моделей объектов управления. Время сходимости процесса адаптации и достижение цели управления зависят в основном от удачного построения оператора $U[\bullet]$, и в данном случае, при аппроксимации нелинейных характеристик объекта управления кусочно-линейными моделями, от выбора узлов аппроксимации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. Л.: Судостроение, 1988.
2. Перельман И.И. Непосредственная адаптация и адаптация путем идентификации. М.: Институт проблем управления, 1980.
3. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. М.: Мир, 1977.
4. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. М., Мир, 1975.