

Вильдяева Л.Н.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА ПО ПЕРЕХОДНОЙ ФУНКЦИИ В ТОЧКЕ ПЕРЕГИБА НА ПРИМЕРЕ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ТОПЛИВА

На сегодняшний день задача компьютеризации подогрева топлива для обеспечения необходимой текучести не решена.

Поэтому темой статьи является автоматизация определения параметров настройки парового подогревателя топлива по переходной функции для обеспечения температуры, которая в свою очередь, должна обеспечить вязкость, достаточную для перекачки и способную обеспечить необходимую текучесть для стабильной подачи топлива к оборудованию.

В статье рассматривается задача автоматизированного расчета параметров настройки регулятора парового подогревателя для поддержания требуемой температуры топлива в танках запаса и в трубопроводах на пути следования к двигателям.

Ключевые слова: *автоматизация судовых энергетических установок, автоматизированные системы регулирования, техническая эксплуатация судов, паровой подогреватель топлива, дискретный контур.*

Анализ современного состояния проблемы. Мощность, экономичность, температурные напряжения, надежность дизельных и газотурбинных установок зависят наряду с другими факторами от температурного режима в системах.

Компьютеризация и определение оптимальных параметров автоматизированных систем для обеспечения температурного режима при эксплуатации судов является актуальной проблемой. На сегодняшний день задача компьютеризации подогрева топлива для обеспечения необходимой текучести не решена. Агрегаты, которые по вязкости определяют необходимую температуру топлива (трехходовой клапан, вискозиметры), представляют трудности в эксплуатации.

Постановка проблемы. Компьютеризировать судовые энергетические установки, которые обеспечивают температурные режимы, необходимые для эксплуатации топливной системы судов.

Анализ последних исследований и публикаций. В судовых системах, устройствах и объектах температура является регулирующим параметром. Такими объектами являются главные и вспомогательные двигатели, системы питательной воды в котлоагрегатах, грузовые танки, расходные и отстойные системы топлива, системы сепарации топлива и масла, рефрижераторные установки, системы горячей воды и т.д. Наиболее сложным и ответственным объектом регулирования температуры является главный судовой двигатель. Требуемые температуры обеспечивают терморегуляторы различных модификаций отечественного и зарубежного производства. Все эти терморегуляторы реализуют аналоговый сигнал.

Цель статьи. Компьютеризировать определение параметров настройки парового подогревателя топлива по переходной функции для обеспечения температуры, которая в свою очередь, должна обеспечить вязкость, достаточную для перекачки и способную обеспечить необходимую текучесть для стабильной подачи топлива к оборудованию.

Изложение основного материала. Топливо при низких температурах склонно к повышению вязкости и парафинизации, что затрудняет или делает даже невозможным его прокачивание по трубкам топливной магистрали. Чтобы сохранить необходимую текучесть и тем самым обеспечить стабильную подачу его к оборудованию, необходимо, в первую очередь, обеспечить проходимость топливной магистрали и ее элементов.

Одним из возможных решений этой задачи является подогрев топлива. Терморегулятор парового подогревателя топлива представляет собой объект регулирования, динамические свойства которого определяются переходной функцией (кривой разгона) с самовыравниванием.

Определение динамических характеристик (коэффициент усиления для настройки П, ПИ и ПИД регуляторов, время дифференцирования для ПИД регулятора, время интегрирования для ПИ регулятора, постоянная времени, время запаздывания, параметры передаточной функции, коэффициент неравномерности, скорость изменения температуры) производится методом касательной в точке перегиба переходной функции, которая задается таблично. Ордината переходной функции есть относительные температуры топлива, последовательно зафиксированная через промежутки времени от момента нанесения возмущающего воздействия.

Точка перегиба характеризуется изменением знака 2^{ой} производной, но на практике этот способ не является надежным, поскольку кривые носят непредсказуемый характер. Чтобы определить точку перегиба кривой, заданной таблично, целесообразно пошагово аппроксимировать ее методом наименьших квадратов, например, параболой 2^{го} порядка $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ в цикле, начиная с первых трех точек и через все точки кривой, заканчивая тремя последними точками. В точках стыка аппроксимированные кривые слева и справа будут иметь соответствующие уравнения $y = a1 \cdot x^2 + b1 \cdot x + c1$; $y = a2 \cdot x^2 + b2 \cdot x + c2$.

Необходимо определить уравнения касательных в точках стыка $y = k1 \cdot x + D1$ и $y = k2 \cdot x + D2$ при условии, что кривая монотонно возрастает или убывает и не имеет точек разрыва. Угловые коэффициенты (тангенсы т.е. первые производные) соответственно будут равны: $k1 = 2 \cdot a1 \cdot x + b1$ и $k2 = 2 \cdot a2 \cdot x + b2$. Тангенс угла между двумя касательными будет равен: $K = \frac{K2 - K1}{1 + K1 \cdot K2}$. Точка стыка внутри цикла, где угол между касательными будет

минимальный и есть точка перегиба, поскольку точка перегиба определяется общей касательной к двум кривым. Биссектриса между двумя касательными в точке перегиба является наиболее точным ее определением. Уравнение биссектрисы будет иметь вид: $y = Kb \cdot x + Db$, где $Kb = \tan(\arctan(K) / 2)$, а $Db = y_{stuk} - Kb \cdot x_{stuk}$.

Значения x_{stuk} и y_{stuk} являются координатами точки стыка двух кривых, где угол между двумя касательными минимальный. По параметрам прямой, наиболее приближенной к касательной в точке перегиба определяются оптимальные параметры для настройки регуляторов. Данный алгоритм реализован программно и представлен блок-схемой на рис. 1.

Контрольный пример. Переходной процесс характеризует динамические свойства системы регулирования. Исходными данными для переходной функции парового подогревателя топлива является кривая разгона, заданная таблично, где по оси абсцисс задан промежуток времени tсек в секундах, по оси ординат у– температура топлива в градусах и представлена в относительных величинах $y = \frac{(T_i - T_N)}{T_k}$, где T_i -текущая температура в градусах, T_N -температура в начале эксперимента, T_k -температура топлива в конце эксперимента т.е. $0 \leq y \leq 1$. Результаты эксперимента по определению переходной функции парового подогревателя топлива представлены в таблице.

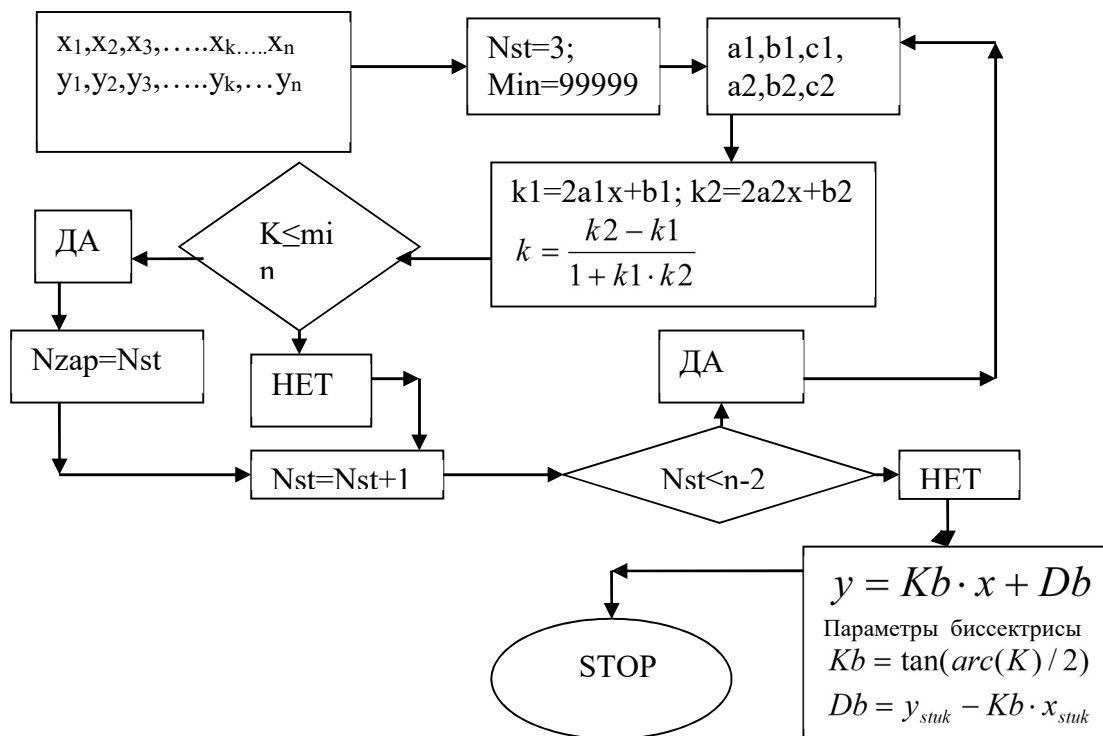


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма программы для расчета прямой, максимально приближенной к касательной в точке перегиба кривой, заданной дискретно.

Несоответствие масштабов по осям координат создает существенные трудности для графического решения и только, решая задачу с помощью компьютерных технологий, можно получить наиболее точный результат. Для данной задачи тангенс угла наклона прямой, максимально близко приближенной к касательной в точке перегиба составляет $Tg=0,00376$ и определяет динамические характеристики объекта парового подогревателя топлива, а именно: время запаздывания, время переходного запаздывания, максимальной скорости изменения температуры, постоянной времени. Результат компьютерной программы отображен на рис. 2.

Таблица 1

Координаты переходной функции парового подогревателя топлива

t сек	0	5	10	15	20	25	30	$x_n \dots$	95
θ	0	0.01	0.028	0.047	0.062	0.076	0.091	$y_n \dots$	0.2

Свойства объектов регулирования определяются из их математических моделей, которые получают аналитическим или экспериментальным методами. Аналитический способ построения математической модели объекта осуществляется на основе физико-механических закономерностей, определяющих характер процессов в объекте, сопряжен с большими трудностями, а уравнения получают достаточно сложными. Поэтому в большинстве случаев снимают экспериментальные данные для переходной функции (кривой разгона) и по ним определяют динамические характеристики объекта регулирования. Динамические характеристики объекта по кривой разгона определяются методом касательной в точке перегиба. Точка перегиба соответствует переходу кривой от режима ускорения к режиму замедления темпа нарастания выходного сигнала и характеризует самовыравнивание – свойство объекта самостоятельно восстанавливать нарушенное состояние равновесия.

Самовыравнивание способствует более быстрой стабилизации регулируемой величины и, следовательно, облегчает работу регулятора.

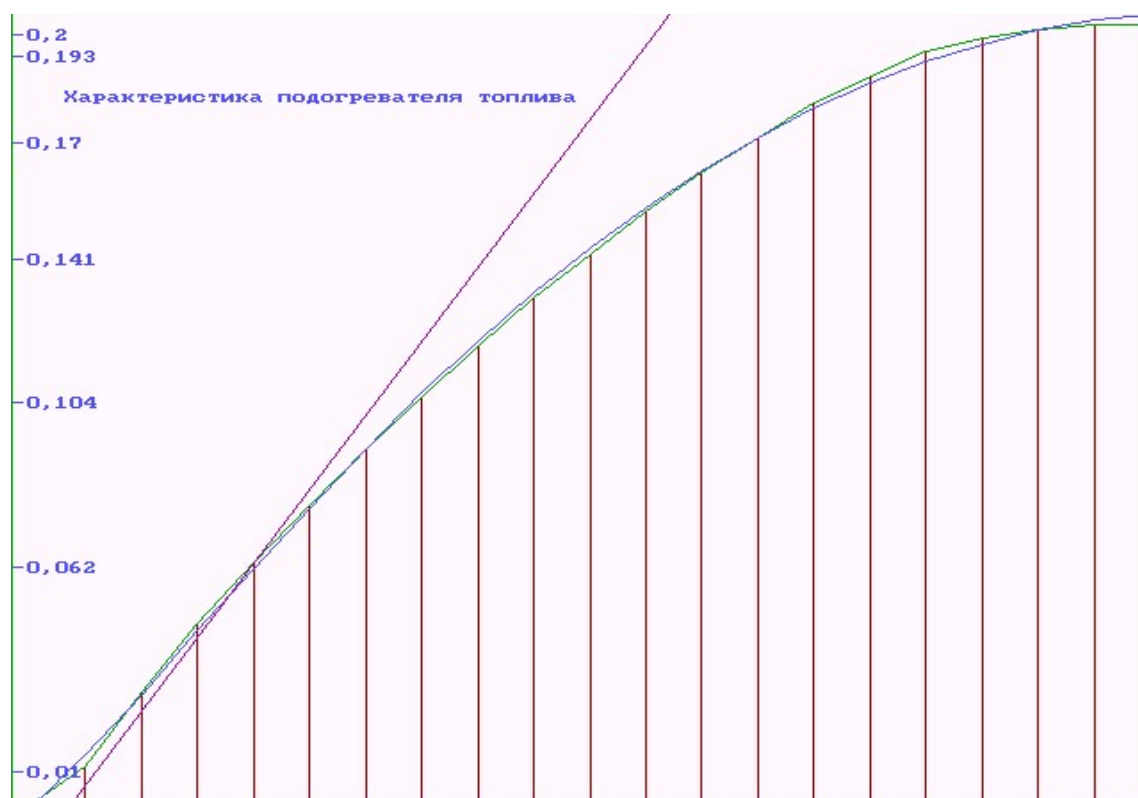


Рисунок 2 – График переходной функции (кривой разгона) с самовыравниванием $Y = f(t)$ парового подогревателя топлива с определением прямой, максимально приближенной к касательной в точке перегиба

Предложенный алгоритм расчета точки перегиба является универсальным для всех объектов регулирования с самовыравниванием, а это значит, что предметом регулирования может быть не только температура, но и другие параметры: расход вещества, давление, уровень, химический состав среды и т.д. Переходные функции без точки перегиба целесообразно аппроксимировать методом наименьших квадратов кривой, наиболее приближенной, к заданным точкам и определять касательную в заданной точке, находя первую производную, а по касательной к переходной функции определяется постоянная времени, которая является важнейшим параметром автоматизированных систем.

Выводы. Автоматизация систем регулирования является задачей актуальной. Внедряя компьютерные технологии для регулирования температурой нагрева топлива, имеем возможность отслеживать работу судовых энергетических установок в режиме реального времени, что в свою очередь предполагает повышение безопасности их эксплуатации.

Решая задачу автоматизации регулирования температуры парового подогревателя топлива, можно снизить нагрузку на агрегаты, которые должны обеспечивать достаточную вязкость, подогревая топливо, а в последствии может быть и вовсе от них отказаться.

Для управления технологическим процессом можно будет использовать управление в режиме сбора данных, где данными будут являться переходные функции объектов регулирования, заданные таблично.

Комплексная автоматизация техпроцессов практически решена в Украине. Изготовление логически программируемых контроллеров (ЛПК) производится отечественными производителями более 20 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толшин В. И., Сизых В. А. Автоматизация судовых энергетических установок. Учебник. – 3-е изд. Переработанное и дополненное – М: Транслит, 2006. – 353 с.
2. Печененко В. И., Козьминых Г. В. Автоматика регулирования и управления судовых силовых установок. – М.: Транспорт, 1973.
3. Нелепин Р. А. Автоматизация судовых энергетических установок. – Л.: Судостроение 1975. – 532 с.
4. Шиняев Е. Н. Судовые паровые котлы и их эксплуатация – М.: Транспорт, 1979.
5. Акимов П. П. Судовые автоматизированные энергетические установки – М: Транспорт 1980.
6. Сыромятников В. Ф., Лубочкин Б. И. Автоматическое регулирование судовых паровых котлов – Л.: Судостроение, 1983.
7. Архангельский В. С. Судовая автоматика – Л.: Судостроение, 1989.
8. Сизов В. А. Судовая автоматика и контрольно измерительные приборы – М: Транспорт 1979.
9. Журенко М. А., Таранчук Н. В. Технические средства автоматизации судовых энергетических установок – Л.: Судостроение, 1990.
10. Балашов Е. П., Григорьев В. Л., Петров Г. А. Микро-и мини ЭВМ – Л: Энергоатомстроение, Ленинградское отделение, 1984. – 376 с.

Вільдяєва Л.М.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА ПО ПЕРЕХІДНІЙ ФУНКЦІЇ У ТОЧЦІ ПЕРЕГИБА НА ПРИКЛАДІ ПІДГРІВАЧА ПАЛИВА

На сьогоднішній день завдання комп'ютеризації підігріву палива для забезпечення необхідної плинності не вирішена.

Тому темою статті є автоматизація визначення параметрів настройки парового підігрівача палива по перехідній функції для забезпечення температури, яка в свою чергу, повинна забезпечити в'язкість, достатню для перекачування і здатну забезпечити необхідну плинність для стабільної подачі палива до обладнання.

У статті розглядається задача автоматизованого розрахунку параметрів настройки регулятора парового підігрівача для підтримки необхідної температури палива в танках запасу і в трубопроводах на шляху проходження до двигунів.

Ключові слова: *автоматизація судових енергетичних установок, автоматизовані системи регулювання, технічна експлуатація суден, паровий підігрівач палива, дискретний контур.*

Vildiaieva L.

AUTOMATED CALCULATION OF THE OPTIMAL SETTINGS OF A REGULATOR BY THE TRANSITION FUNCTION AT THE INFLECTION POINT ON THE EXAMPLE OF THE FUEL HEATER

The problem of computerization of fuel heating to ensure the necessary fluidity has not been solved. Therefore, the topic of the article is to automate the determination of the parameters of a steam fuel preheater using a transition function to ensure the temperature, which in turn should provide viscosity sufficient for pumping and capable of providing the necessary fluidity for a stable supply of fuel to the equipment.

The article deals with the task of automated calculation of the parameters of the steam heater regulator to maintain the required fuel temperature in the reserve tanks and in the pipelines on the way to the engines.

Keywords: *automation of ship power plants, automated control systems, technical operation of ships, steam fuel heater, discrete circuit.*