

$p_c) f_u'$. Чем больше амплитуда колебаний давления p_ϕ за счёт волнового процесса, тем больше сила давления p_ϕ , больше сила P и плотнее посадка иглы. Подпрыскивания топлива невозможны (рис. 5).

Топливные системы непосредственного действия ещё далеко не изжили себя. Модернизация ТСНД по методу, предложенному в данной статье, позволит вывести их на уровень, сопоставимый с известными системами Common Rail или ТС с насос-форсунками, имеющими микропроцессорное управление.

Литература

1. Вейнблат М.Х., Корж С.А. Поиск причин аномалий процесса топливоподачи дизелей ДМ-21 (6ЧН21/21 и 8ЧН21/21) // Двигателестроение. 1991. № 1. С. 18-21.

2. Вейнблат М.Х., Федякин П.А. Снижение дымности отработавших газов форсированного дизеля на режимах холостого хода // Двигателестроение. - 1990. № 11. С. 8-10.

3. Альтернативные виды топлива на подвижном составе железнодорожного транспорта/ Г. А. Фофанов, Д. Н. Григорович, А. С. Нестрахов //Труды ОАО «ВНИИЖТ». М.: Интекс. 2008. 144 с.

4. Топливные системы тепловозных дизелей. Ремонт, испытания, совершенствование/ Г. Б Федотов, Г. И. Левин. М.: Транспорт . 1983. - 192 с.

ПОЛУНАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ

Кузнецов А.Г. (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Одним из основных направлений обеспечения высоких требований по экологии, экономичности и динамическим показателям двигателей транспортных установок является совершенствование систем автоматического управления (САУ), которое идёт по пути использования в структуре регуляторов электронных микропроцессорных устройств (контроллеров).

В современных условиях жёсткой конкуренции двигателестроительных предприятий сократились сроки выпуска новых образцов двигателей. Поэтому разработка системы управления проводится одновременно с созданием самого двигателя методами комбинированного расчётно-экспериментального исследования и проектирования. Разработка элементов САУ, таких как электронный блок, датчики, исполнительные устройства опережает создание двигателя. В этом случае целесообразно продолжать разработку и отладку системы управления методом полунатурного моделирования, сопрягая натурные устройства автоматики с динамической моделью двигателя, которая имитирует его функционирование в реальном времени. Полунатурное моделирование позволяет сократить сроки разработки двигателя и его систем, а также снизить стоимость процесса разработки и испытаний системы управления двигателем.

Для проведения цифрового полунатурного моделирования разрабатывается комплекс аппаратных и программных средств, образующих стенд полунатурного моделирования. В натурную часть стенда входят микропроцессорный контроллер, управляющее устройство, датчики и исполнительные устройства САУ дизеля. Цифровая компьютерная модель описывает динамические свойства комбинированного двигателя и транспортной установки.

Основной особенностью работы стенда полунатурного моделирования является обмен информацией между натурной и модельной частями стенда в реальном

времени. Для моделирования переходных процессов САУ в реальном времени необходимо согласование в фиксированные моменты времени натурной и модельной частей стенда. Периодичность обмена задаётся контроллером и составляет, обычно, интервал времени порядка миллисекунд. Проблема обеспечения обмена информацией между натурной и модельной частями стенда в реальном времени становится одной из основных и по сути определяет вид модели. За интервал времени между последовательными обменами информацией в модели должны быть определены все необходимые изменения параметров рабочего процесса энергетической установки. Поставленная цель достигается сочетанием в модели соотношений теории рабочих процессов комбинированных двигателей с эмпирической частью.

Средства полунатурного моделирования в виде модели и стенда были разработаны для энергетической установки тепловоза 2ТЭ116, включающей дизель и электрическую трансмиссию, в которой тяговый синхронный генератор через выпрямительную установку связан с тяговыми электродвигателями [1, 2].

Основу модели дизеля [3] составляют дифференциальные уравнения поршневой части, турбокомпрессора, впускного и выпускного трубопроводов. Изменения угловых скоростей вала дизеля и ротора турбокомпрессора описываются уравнениями динамического баланса механической энергии при вращении твердого тела. Изменения давлений воздуха во впускном трубопроводе и газов в выпускном трубопроводе описываются уравнениями динамического баланса расходов. Среди параметров рабочего процесса дизеля, входящих в дифференциальные уравнения, выделены коэффициенты, характеризующие отличие реальных рабочих процессов от теоретических, и величины, определение которых требует значительного времени при расчётах: индикаторный КПД дизеля, коэффициент наполнения, адиабатический КПД компрессора, эффективный КПД турбины, цикловая подача топлива, температуры воздуха и газов, расходы воздуха и газов через компрессор и турбину. Для достижения высокой скорости расчёта эти параметры заданы в виде функциональных зависимостей от других (первичных) параметров. Значения коэффициента избытка воздуха, расходов воздуха и топлива через дизель, моментов дизеля, компрессора и турбины определяются по соотношениям теории рабочих процессов комбинированных двигателей.

Функциональные зависимости между параметрами рабочего процесса комбинированного дизеля заданы в виде полиномов, коэффициенты которых определялись методом наименьших квадратов. Подбор вида полиномов осуществлялся, исходя из физической картины рабочего процесса комбинированного двигателя, по критерию высокой точности приближения при возможно более простой структуре полиномов.

Стенд для полунатурного моделирования состоит из натурной части, компьютерной части и устройства их сопряжения (рис. 1). Основным элементом натурной части стенда является электронный блок (ЭБ, или микроконтроллер) регулятора. К микроконтроллеру могут быть подключены устройство управления энергетической установкой (УУ), часть реальных датчиков (Д), исполнительное устройство регулятора (ИУ).

Для связи натурной и компьютерной частей стенда используется специальное устройство сопряжения, которое преобразует вид регулирующих сигналов и сигналов датчиков. Коды сигналов датчиков на выходе компьютерной части стенда преобразуются в физическую форму, которая соответствует виду выходных сигналов реальных датчиков с характерными диапазонами изменения их параметров. Для регулирующих сигналов, вырабатываемых контроллером, осуществляется об-

ратное преобразование – из физической формы в код. Цикл программы устройства сопряжения производит постоянный опрос входных параметров через драйверы устройств ввода. При запросе информации по одному из интерфейсов компьютера в цикле программы формируется ответный пакет данных и передается соответствующему драйверу устройств вывода.

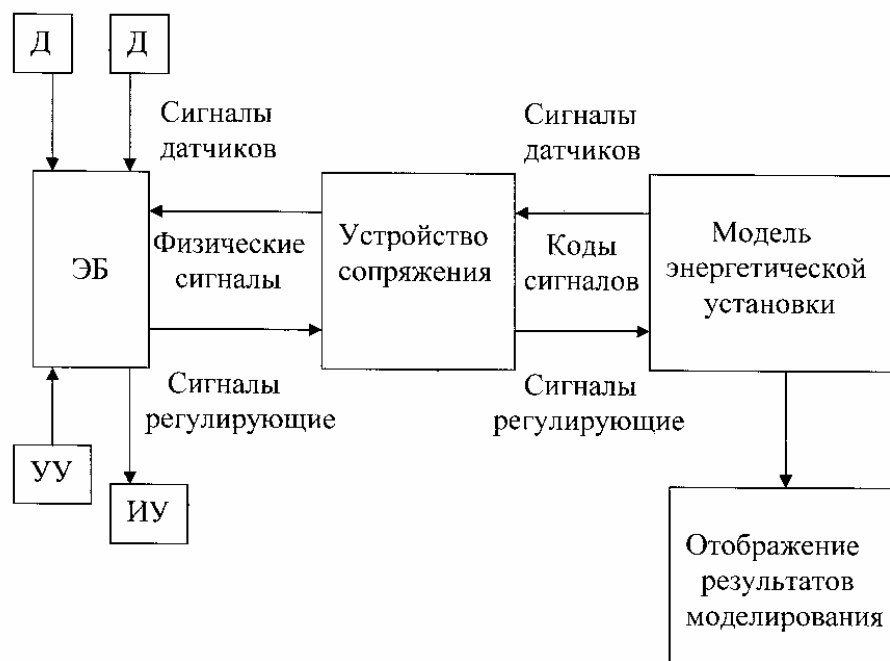


Рис. 1. Стенд полунатурного моделирования

На разработанном стенде проведено полунатурное моделирование динамических режимов энергетической установки тепловоза 2ТЭ116. Целями моделирования являлись: проверка функционирования стенда, проверка адекватности динамических моделей комбинированного дизеля и энергетической установки тепловоза, исследование влияния настроек регулятора на качество процессов управления энергетической установкой тепловоза.

В качестве примера на рис. 2 приведены полученные в результате полунатурного моделирования процессы при следующей программе задания позиций контроллера машиниста (КМ) тепловоза: последовательный перевод КМ на позиции $N=1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12$ с работой на каждой промежуточной позиции в течение десяти секунд и последовательное возвращение на позицию $N=1$. Здесь: n_d и n_t – частоты вращения вала дизеля и ротора турбокомпрессора, h – положение рейки топливных насосов, p_k – избыточное давление наддува, U_r и I_r – напряжение и ток тягового генератора. Сравнение результатов полунатурного моделирования с аналогичными экспериментальными данными подтвердило работоспособность разработанного стенда с заложенными в него математическими моделями. Было проведено полунатурное моделирование динамических режимов комбинированного дизеля и энергетической установки тепловоза 2ТЭ116 в широком диапазоне изменения режимов работы установки и настроек САУ.

Стенд полунатурного моделирования реализован на базе программируемых устройств, что обеспечивает гибкость структуры стенда и возможность его программной перенастройки на различные типы энергетических и других промышленных установок. При создании соответствующих динамических моделей разработанный базовый вариант стенда может быть адаптирован для полунатурного

моделирования в реальном времени установившихся и динамических режимов работы технических устройств широкого назначения.

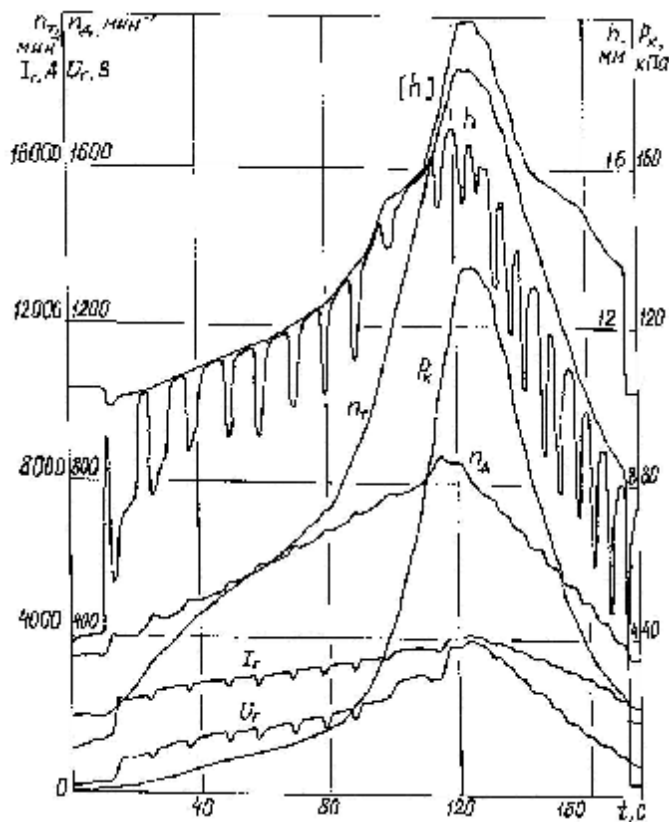


Рис. 2. Процесс управления тепло-возом

Литература.

1. Кузнецов А.Г. Стенд полунатурного моделирования динамических режимов энергетических установок с дизелями // Вестник МГТУ. Машиностроение. 2008. № 4. С. 25-29.
2. Кузнецов А.Г. Динамическая модель энергетической установки тепловоза // Вестник МГТУ. Машиностроение. 2009. № 3. С. 49-56.
3. Кузнецов А.Г. Динамическая модель дизеля // Автомобильная промышленность. 2010. № 2. С. 30-33.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МОТОРНЫЙ КОМПЛЕКС С СИСТЕМОЙ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТИПА «COMMON RAIL» ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ РАЗМЕРНОСТЬЮ D/S=13/14

Кулманакон С.П., Шашев А.В., Яковлев С.В., Кулманакон С.С. (Алтайский государственный технический университет им.И.И.Ползунова)

Одним из решений энергетических и экологических проблем в дизелестроение это обеспечение высокоэффективных способов смесеобразования и сгорания, с использованием системы топливоподачи повышенного давления типа «Common Rail» и с применением в качестве топлива как традиционного нефтяного, так и биотоплива.

Недостаточная достоверная информация о физических особенностях, протекающих процессов в цилиндре двигателя и недостатки математического описания процессов с данной системой топливоподачи, не позволяют составить полную оценку влияния системы топливоподачи «Common Rail» на рабочий процесс двигателя. На данный момент в Российской Федерации производство дизелей с собственной системой топливоподачи «Common Rail» отсутствует, используются зарубежные разработки топливной системы, не полностью адаптированные к особенностям двигателя.

На кафедре ДВС АлтГТУ им. И.И. Ползунова создан экспериментально-исследовательский комплекс на базе исследовательской одноцилиндровой установки УК-2, оснащенной системой топливоподачи «Common Rail» отечественной разработки, общий вид которой представлен на рисунке 1.