

вить вопрос о необходимости модификации учебного плана и программ подготовки таких специалистов.

Попытки дополнить читаемые курсы, соответствующим новым материалом, проводятся во многих ВУЗах. Этому, однако, препятствует недостаток в литературе технических данных, поскольку разработчики и фирмы, выпускающие МСУ, обычно, не раскрывают подробностей и представляют только инструкции пользователей для сервисного обслуживания систем.

Изданные в последнее время учебные материалы, которые могут частично восполнить этот пробел, посвящены отдельным аспектам проблемы и не охватывают всего комплекса вопросов, связанных с разработкой и доводкой двигателей с МСУ, особенно автомобильных двигателей.

Представляется, что в данном случае следует для выработки единого подхода, объединить усилия ряда кафедр и специалистов промышленности, как это было сделано при решении вопросов связанных с разработкой САПР и АСНИ.

Прежде всего, нужно будет определить круг дополнительных знаний и умений, которыми должен владеть сегодня специалист в области ДВС.

Возможно, что окажется полезным разграничить знания необходимые специалистам в области эксплуатации и в области производства ДВС. По всей видимости, потребуется модификация не только дисциплин цикла ДВС, но и других дисциплин, например математического цикла, измерительной техники, программирования и др.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Поздняков Е.Ф. (ОАО «НЗТА»),
Марков В.А., Шлёнов М.И., Полухин Е. Е., Трифонов В.Л.
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Наиболее жесткие требования к статическим и динамическим качествам дизелей, предъявляются в дизель-генераторных установках (ДГУ), вырабатывающих переменный электрический ток. Эти качества определяют продолжительность (время) переходного процесса t_n и заброс параметра (частоты вращения) в переходном процессе (перерегулирование) σ . В общих технических требованиях, предъявляемых к дизелям, эти показатели динамических качеств обычно не регламентируются. Но существует ГОСТ по системам автоматического регулирования частоты вращения дизелей (ГОСТ 10511-83 и его последующие редакции), который предусматривает ограничение по времени переходного процесса и перерегулирования в зависимости от класса точности САР (табл. 1) [1,2].

Таблица 1. Показатели динамических качеств САР дизельных двигателей

Показатель	Класс точности САР			
	1	2	3	4
Перерегулирование σ , %	5,0	7,5	10,0	15,0
Время переходного процесса t_n , с	2	3	5	10

Известные САР дизелей реализуют различные принципы регулирования частоты вращения. В наиболее распространенных САР, работающих по принципу Ползунова – Уатта, осуществляется так называемое пропорциональное регулиро-

вание частоты вращения (П-регулирование) [1,3]. В этих САР регулирующее воздействие $\mu(t)$ на регулирующий орган объекта (двигателя) является функцией динамической ошибки $x(t)$, определяемой в виде отклонения регулируемой величины $y(t)$ от ее заданного значения $g(t)$, то есть $x(t)=g(t)-y(t)$.

Статические и динамические качества САР с П-регулятором существенно улучшаются при введении в закон регулирования интегральной μ_i и дифференциальной μ_d составляющих [1]. Это приводит к формированию пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) закона в виде $\mu(t)=k_p x(t)+k_i \int x(t)dt+k_d dx/dt$. Этот закон вырабатывается ПИД-регулятором, содержащим П, И, Д-регуляторы (позиции 5, 6, 7 на рис.1). Такая работа САР обеспечивает существенное улучшение статических и динамических свойств САР.

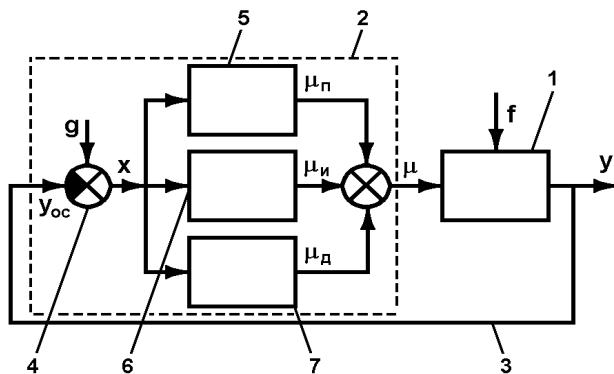


Рис. 1. Функциональная схема САР с ПИД-регулятором: 1 - объект управления (дизельный двигатель); 2 - регулятор частоты вращения (ПИД-регулятор); 3 - линия главной отрицательной обратной связи; 4 - сравнивающий элемент (сумматор); 5 - П-регулятор; 6 - И-регулятор; 7 - Д-регулятор.

Сложные принципы регулирования наиболее просто реализуются при оснащении двигателя электронными регуляторами [1,4]. Это обстоятельство учитывалось при разработке САР частоты вращения для дизель-электрического генератора АД-40 на базе дизеля Д-246 (4 Ч 11/12,5) с электронными регуляторами ЭР 1,5/4,5 и ЭР 0,25. Этими регуляторами оснащаются топливные насосы высокого давления (ТНВД) типа УТНМ производства Ногинского завода топливной аппаратуры (НЗТА). Причем, эти же ТНВД устанавливаются на дизель Д-245 (4 ЧН 11/12,5), устанавливаемый на тракторы «Беларусь» Минского моторного завода, на дизеле Д-245 малотоннажные автомобили завода им. Лихачева ЗиЛ-5301 «Бычок» и автобусы Павловского автобусного завода «ПАЗ».

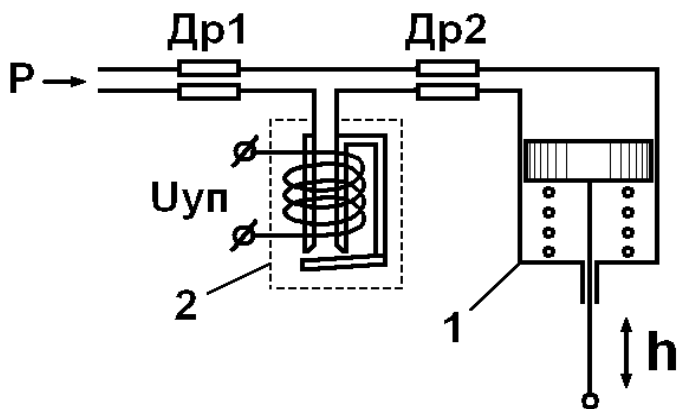


Рис. 2. Принципиальная схема электрогидравлического исполнительного механизма: 1 - поршневой гидравлический усилитель; 2 - регулятор давления типа «сопло-заслонка» с электромагнитным управлением; $U_{уп}$ - управляющее напряжение от электронного блока регулятора; ДР1 и ДР2 - дроссели; h - перемещение выходного штока регулятора.

В исследуемом ТНВД для привода дозирующего органа (рейки ТНВД) используется исполнительный механизм (ИМ) непрямого действия с электромеханическим преобразователем типа «сопло-заслонка». Принципиальная схема этого ИМ представлена на рис.2, его компоновка на ТНВД – на рис.3. Некоторые технические характеристики ИМ приведены в табл. 2.

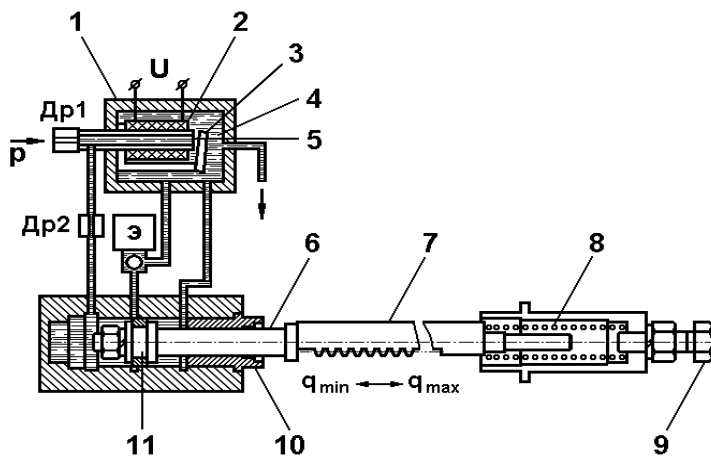


Рис. 3. Электрогидравлический привод рейки ТНВД: 1 - корпус; 2 - катушка; 3 - заслонка (якорь); 4 - полость низкого давления; 5 - сопло; 6 - шток; 7 - рейка ТНВД; 8 - возвратная пружина рейки; 9 - болт ограничения пусковой подачи; 10 - втулка штока; 11 - поршень.

Таблица 2. Технические характеристики исполнительного механизма

Рабочее напряжение, В	24/12
Максимальный потребляемый ток, А	0,5/1,0
Рабочая жидкость	Дизельное топливо
Давление рабочей жидкости, МПа	0,3
Максимальный расход рабочей жидкости, л/мин	1,5
Диаметр поршня, мм	14
Максимальное усилие перемещения, Н	22
Время изменения подачи топлива от 0 до 100%, с	0,05-0,06

При создании САР частоты вращения с электронными регуляторами для дизель-электрического генератора АД-40 были проанализированы возможности использования различных принципов управления. Исследования динамических свойств ДГУ с регуляторами различных типов проводились с использованием математических моделей. Разработанные математические модели дизеля и ИМ уточнялись при их экспериментальных исследованиях. Расчеты переходных процессов проводились с использованием программы электронного моделирования ELECTRONICS WORKBENCH. При расчетах переходных процессов с разными типами электронных регуляторов использовались одни и те же модели дизеля и ИМ.

Было проведено сравнение характеристик ДГУ с ПИД-регулятором, имеющим различные коэффициенты пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих ПИД-закона регулирования. Результаты расчетов позволили определить их оптимальные с точки зрения динамических качеств САР значения – $k_p=20$, $k_i=100$, $k_d=1$. При этих значения коэффициентов ПИД-закона регулирования получен переходный процесс наброса нагрузки со следующими показателями: время переходного процесса $t_n=1,5$ с, перерегулирование (заброс частоты вращения) $\sigma=3,8$ %, наклон регуляторной характеристики $\delta=0$ (астатический регулятор) (рис.4). Аналогичные показатели для переходного процесса сброса нагрузки составили: $t_n=1,8$ с, $\sigma=3,9$ %.

Сравнение полученных динамических показателей ДГУ с ПИД-регулятором с приведенными в табл.1 требуемыми динамическими показателями САР первого класса точности показывает, что продолжительность переходного процесса сброса нагрузки ($t_n=1,8$ с) меньше предельно допустимой ($t_n=2,0$ с). Допустимую величину имело и перерегулирование ($\sigma=3,9$ %, предельное значение $\sigma=5,0$ %).

С использованием результатов проведенных исследований был разработаны опытные образцы электронного регулятора для дизель-генератора типа АД-40. Осциллографирование переходных процессов этого ДГУ подтвердило возможность достижения параметров, полученных расчетным путем.

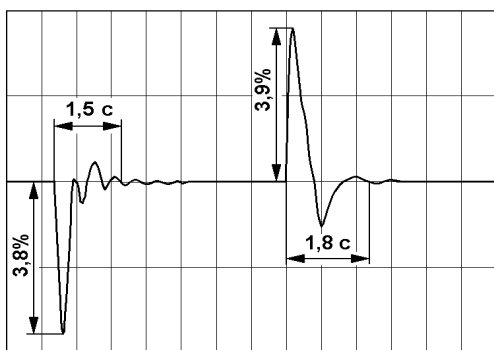


Рис. 4. Изменение частоты вращения коленчатого вала дизельного двигателя с ПИД-регулятором в переходных процессах наброса нагрузки на ДГУ (слева) и сброса нагрузки (справа).

Проведенные расчетно-экспериментальные исследования подтвердили эффективность использования разработанного электронного регулятора частоты вращения ДГУ и возможность обеспечения динамических и статических показателей, соответствующих первому классу точности САР. Высокие статические и динамические показатели дизельного двигателя с разработанным регулятором свидетельствуют о возможности его использования и в дизелях транспортного назначения.

Литература:

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. - М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2005. - 344 с.
2. ГОСТ 10511-83. Системы автоматического регулирования скорости (САРС) дизелей стационарных, судовых, тепловозных и промышленного назначения. - М.: Изд-во Стандартов, 1983. - 14 с.
3. Крутов В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1989. - 416 с.
4. Крутов В.И. Электронные системы регулирования и управления двигателями внутреннего сгорания. - М.: Изд-во МГТУ им.Баумана, 1991. - 138 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ДВС

Поликер Б.Е., Михальский Л.Л. (ЗАО «Дизель-КАР»),
Аникин С.А. (Холдинг «РусПромАвто»),
Девянин С.Н. (МГАУ им. В.П. Горячкина),
Марков В.А. (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

В связи с общей тенденцией повышения удельной мощности автотракторных двигателей до уровня 90-100 кВт/л к системам их жидкостного охлаждения предъявляются весьма жесткие требования [1,2]. Эти требования во многом определяют требуемые динамические характеристики системы автоматического регулирования теплового состояния (САРТ) ДВС. Дополнительные требования, предъявляемые к САРТ, связаны с необходимостью улучшения отдельных показателей ДВС, таких как расход топлива, токсичность отработавших газов двигателя, его металлоёмкость и массогабаритные показатели. При этом желательно обеспечить инвариантность САРТ по отношению к возмущающим воздействиям — нагрузке и положению педали акселератора.