

## **Электродинамическое моделирование системы «Двигатель внутреннего сгорания – тормозное устройство»**

Динамика обкаточно-тормозных стендов с рекуперацией электроэнергии довольно подробно рассмотрена [1- 6]. Однако учёными исследован только режим рекуперативного торможения агрегата «Двигатель внутреннего сгорания – тормозное устройство» (ДВС–ТУ), где использовались либо машина постоянного тока, либо асинхронная машина. В современных обкаточно-тормозных стендах, которые имеют режим и динамического торможения, всё больше применяются другие типы электрических машин, например, одноякорный преобразователь [7, 8].

Кроме того картина физических процессов распределения энергии крутильных колебаний осталась неполной, потому что исследованиями не охвачен коэффициент демпфирования теплового двигателя. Авторами в работах рассматривается только коэффициент демпфирования ТУ, которое с одной стороны соединено с поршневым двигателем, являющимся источником крутильных колебаний из-за неравномерности развиваемого момента, а с другой – с электрической сетью.

Для лучшей наглядности при исследовании динамических процессов и характеристик системы ДВС–ТУ используется, как правило, метод электрических аналогий, где индуктивность, ёмкость и сопротивление соответствует инерционности, податливости и демпфированию [9, 10].

По сути, разработанная исследователями электрическая схема динамической системы представляет собой идеальный низкочастотный LC контур на выход, которого включено сопротивление  $R$ , характеризующее коэффициент демпфирования ТУ. Анализ схемы показывает, что на стадии горячей обкатки без нагрузки ( $R = 0$ ,  $C = \infty$ ) получается, что крутильные колебания, вызванные пульсацией крутящего момента, не образуют потерь

энергии в модели, и угловая скорость  $\Omega(t)$  отстаёт по фазе от последнего строго на  $\pi/2$ . Причина неточности такой схемы – отсутствие в ней источника энергии.

Методологическая особенность исследования возникновения резонансных явлений в динамической модели ДВС–ТУ состоит в том, что структура и основные параметры звеньев механической системы и её электрических контуров определяется в результате построения требуемых функциональных схем стенда и в соответствии с его целевым назначением – обкаткой и испытанием.

На заводе «Дагдизель» (г. Каспийск, республика Дагестан) была разработана уточнённая электрическая схема для всех стадий обкатки и видов испытаний поршневых двигателей [7, 8, 11]. Источник энергии в ней представлен в качестве ЭДС с внутренним сопротивлением, которому соответствует коэффициент демпфирования ДВС. Данный коэффициент был получен на основании зависимости момента сопротивления от частоты вращения коленчатого вала теплового двигателя. Основой для функциональной зависимости стали экспериментальные данные, полученные в дизельной лаборатории предприятия, а также литературные источники [11, 12].

Оценка динамических характеристик модели на всех стадиях обкатки и видов испытаний показала: а) дополнительной проработки вопроса с целью рекомендаций мероприятий по снижению амплитуды крутильных колебаний и тормозного момента не требуется, так как область резонансных частот в исследуемом агрегате, как для угловой скорости вращения ротора, так и для тормозного момента, находится в пределах, не превышающих начальную частоту холодной обкатки двигателя; б) крутильные колебания, вызванные возвратно поступательным движением поршней, создают тепловые потери энергии не только в ТУ, но и в самом источнике – ДВС.

#### Литература:

1. Вейц, В.Л. Динамика машинных агрегатов / В.Л. Вейц. – Л.: Машиностроение, 1968, 370 с.
2. Вейц, В.Л. Динамика машинных агрегатов с двигателями внутреннего

сгорания / В.Л. Вейц, А.Е. Кочура. – Л.: Машиностроение, 1979, 182с.

3. Вейц, В.Л. Динамические расчёты приводов машин / В.Л. Вейц, А.Е. Кочура, А.М. Мартыненко. – Л. Машиностроение, 1971, 352 с.
4. Вейц, В.Л. Динамика управляемого электромеханического привода с асинхронными двигателями / В.Л. Вейц, П.Ф. Вербовой, А.Е. Кочура, Б.Н. Куценко. – Киев: Наук. думка, 1988, 271с.
5. Вейц, В.Л. Расчёт и проектирование электромеханических стендов для испытаний транспортных машин с ДВС / В.Л. Вейц, А.Е. Кочура, Б.Н. Куценко. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985. – 92 с.
6. Дунаевский, С.Я. Моделирование элементов электромеханических систем / С.Я. Дунаевский, О.А. Крылов, Л.В. Мазия. – М.-Л.: Энергия, 1966. – 304 с.
7. Пат. 2055339 Российская Федераци, МПК С1, 6 G 01 М 15/00. Стенд для испытания двигателя внутреннего сгорания / Чикунов Ю.М.; заявитель и патентообладатель Каспийский завод «Дагдизель». – №5049813/28; заявл. 16.06.92; опубл. 27.02.96, Бюл. №6.
8. Пат. 2059217 Российская Федераци, МПК С1, 6 G 01 М 15/00. Стенд для испытания двигателей внутреннего сгорания / Чикунов Ю.М.; заявитель и патентообладатель Чикунов Юрий Михайлович. – №93007929/06; заявл. 03.03.93; опубл. 27.04.96, Бюл. №12.
9. <http://cyberleninka.ru/article/n/sintez-matematicheskikh-modeley-tehnicheskikh-sistem-metodom-elektroanalogiy>
10. <http://cyberleninka.ru/article/n/analogii-mehanicheskikh-sistem-primery-sostavleniya-elektricheskikh-modeley>
11. Чикунов, Ю.М. Электродинамическое моделирование системы «Двигатель внутреннего сгорания – тормозное устройство» на стадии холодной обкатки / Ю.М. Чикунов, А.М. Чикунов // «Вести высш. учебн. заведений Черноземья», 2014, №1. – с.32-38.
12. Заренбин, В.Г. Исследование режимов приработки автомобильных двигателей при капитальном ремонте / В.Г. Заренбин, А.Х. Касумов. – М.: Транспорт, 1983. – 78 с.