

Таблица 1 – Модальные характеристики кузова и автомобиля в сборе

Модель	Комплектация	Кручение	Изгиб
Volkswagen Polo	Кузов	47,7 Гц	49,9 Гц
	Автомобиль в сборе	24,3 Гц	31,9 Гц

В рамках данного исследования проведено бесконтактное сканирование вибрации автомобиля Volkswagen Polo. Автомобиль устанавливался на полу в помещении. Специальных средств закрепления предусмотрено не было. Полученные результаты были использованы для расчёта модальных параметров автомобиля.

Результаты работы могут быть использованы при проектировании новых автомобилей на стадии верификации математических виброакустических моделей автомобилей, а также при виброакустической доводке пилотных образцов.

Технико-экономическая эффективность внедрения результатов работы заключается в меньших затратах времени и высокой точности виброметрирования поверхности исследуемого объекта. Если контактный способ измерения требует более трёх недель на проведение экспериментов, то на применение разработанной методики модального анализа автомобиля в сборе затрачивается не более трёх дней.

Работа выполнена при финансовой поддержке российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bart Peeters, Herman Van der Auweraer, Patrick Guillaumeb and Jan Leuridan. The Poly-MAX frequency-domain method: a new standard for modal parameter estimation? Shock and Vibration 11 (2004) 395–409.

2. Georgy M. Makaryants, Artur I. Safin and Evgeny V. Shakhmatov Vehicle modal analysis, Proceedings of the 22th International Congress on Sound and Vibration, Florence, Italy, 12–16 July, (2015).

УДК 629.03-52

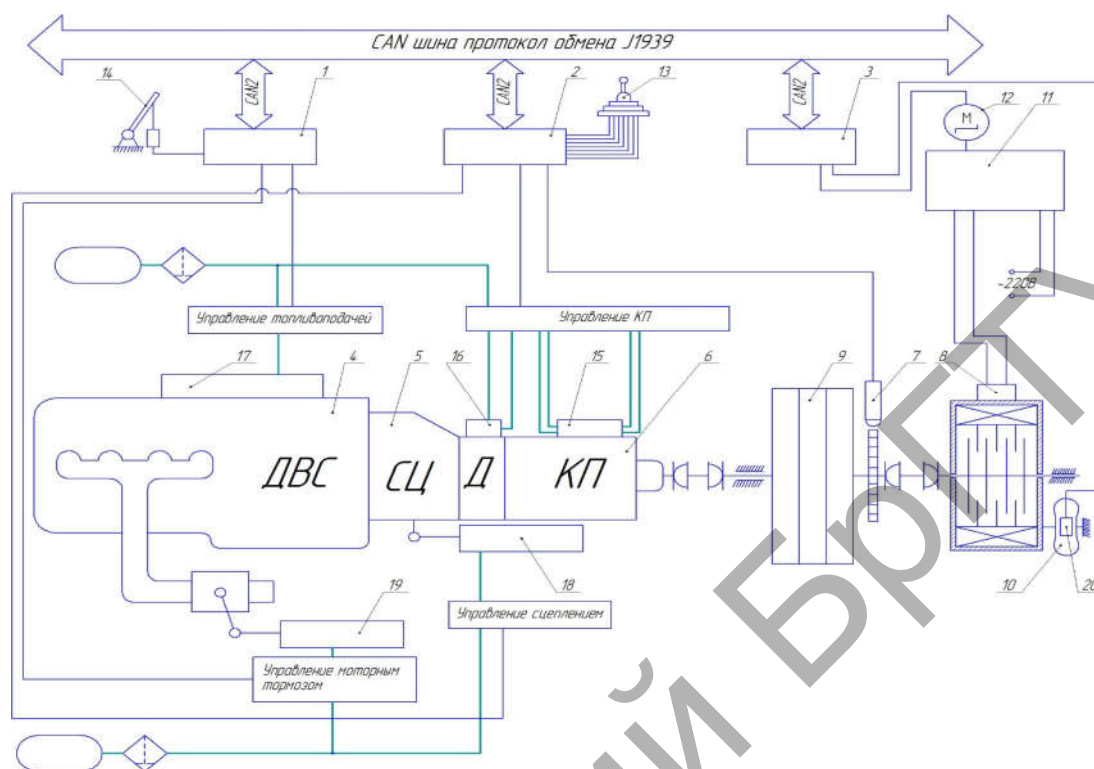
ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ТОРМОЗОМ НА ОСНОВЕ ТИРИСТОРНОГО ПРИВОДА

Кусяк В.А., Ле Ван Нгуа, Гурин А.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Порошковые электромагнитные тормоза (ПЭТ) нашли широкое применение в качестве имитаторов сопротивления движению при проведении полунатурных испытаний узлов и агрегатов автомобилей [1, 2]. Принципиальная схема испытательного стенда [3], в состав которого входит электронная система управления порошковым электромагнитным тормозом, представлена на рис. 1. Стенд инерционный, разомкнутого типа, включает силовой агрегат (ДВС, фрикционное сцепле-

ние, КП), маховую массу, порошковый электромагнитный тормоз, пневматическую питающую часть и информационно-управляющую систему (ИУС).



1,2,3 – ЭБУ соответственно двигателем, КП, ПЭТ; 4 – дизельный двигатель, 5 – сцепление, 6 – составная КП, 7 – датчик частоты вращения, 8 – ПЭТ, 9 – маховая масса, 10 – скоба динамометрическая; 11 – тиристорный модуль ПЭТ, 12 – шаговый электродвигатель, 13 – электронная педаль «газа», 15,16,17,18,19 – исполнительные механизмы соответственно КП, делителя (Д), ДВС, сцепления, моторного тормоза, 20 – комплект тензометрических датчиков деформации скобы;

Рисунок 1 – Принципиальная схема испытательного стенда

Имитация сопротивления движению автомобиля осуществляется порошковым электромагнитным тормозом 8 (см. рис. 1) серии ПТ-250М с номинальным тормозным моментом 2500 Н·м, принцип действия которого основан на эффекте возникновения сопротивления сдвигу в свободном ферромагнитном порошке при наложении на него магнитного поля [4]. Аппаратную основу электронной системы составляет микропроцессорный блок 3 и тиристорный модуль 11, выходные параметры которого регулируются автоматически при подаче управляющего сигнала на шаговый электродвигатель 12. Для обмена информацией с другими электронными системами по протоколу высокого уровня SAE J1939, ЭБУ 3 интегрирован в архитектуру локальной электронной сети посредством CAN2 интерфейса. Для регулирования момента сопротивления электромагнитного тормоза необходимо точно и плавно регулировать напряжение на его обмотках возбуждения. Тормозной момент ПЭТ регулируется за счет изменения управляющего напряжения при подаче сигнала от ЭБУ на приводной электродвигатель 12 тиристорного модуля 11. Деформация динамометрической скобы 10, пропорциональная развиваемому тормозному моменту,

фиксируется комплектом тензометрических датчиков 20, что позволяет ввести обратную связь в системе управления ПЭТ. Моментная характеристика порошкового тормоза изменяется в зависимости от скорости вращения маховой массы, задаваемой величины дорожного сопротивления и давления в контурах рабочей тормозной системы.

Схема разработанного тиристорного привода (рисунок 2) позволяет регулировать напряжение на активной нагрузке в пределах от 0 до 220 вольт. При этом используются оба полупериода переменного тока, и к нагрузке подводится не половинная, а полная мощность.

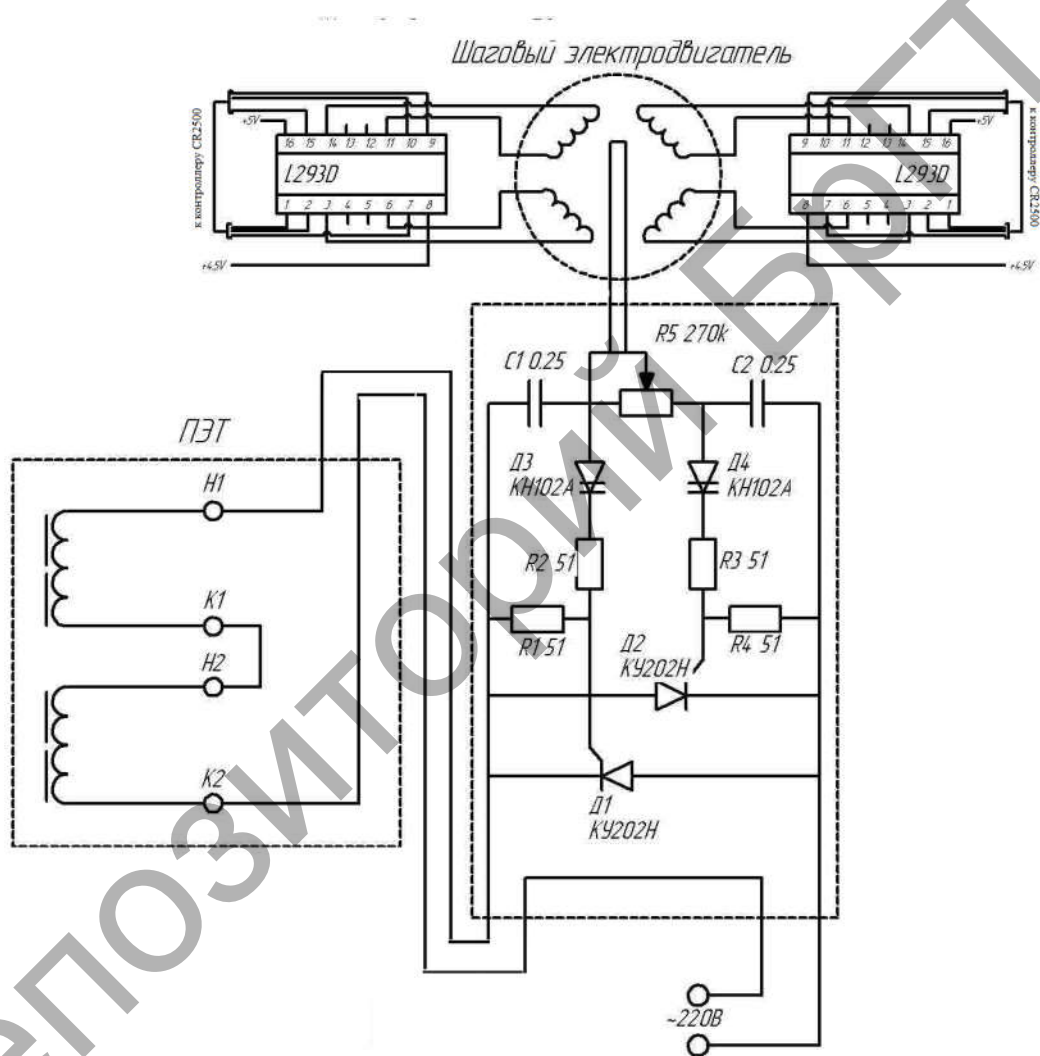


Рисунок 2. Схема тиристорного привода ПЭТ

Основными элементами электронного модуля 11 (рисунок 1) являются тиристоры Д1, Д2 (рисунок 2), включенные встречно друг другу и параллельно нагрузке. Они поочередно пропускают ток то в одном, то в другом направлении. При подключении тиристорного модуля к сети переменного тока, в первый момент времени оба тиристора закрыты, и конденсаторы заряжаются через переменный резистор R5. Тиристоры управляются импульсами, формируемыми диносторами Д3 и Д4. В некоторый момент, определяемый сопротивлением включенной в цепь части резистора R5, открывается один из диносторов, про-

пускающая ток разряда соединенного с ним конденсатора. Вслед за диодом открывается и соответствующий тиристор. Через тиристор и нагрузку потечет ток. В момент смены знака полупериода тиристор закрывается, и начинается новый цикл зарядки конденсаторов, но уже в обратной полярности. Теперь открываются второй диод и второй тиристор. Для регулирования напряжения на обмотках ПЭТ используется шаговый электродвигатель, который управляется от ЭБУ 3 (см. рис. 1) через драйверы L293D, поворачивая бегунок переменного резистора R5 на заданную величину, тем самым регулируя ток, подаваемый на обмотки порошкового электромагнитного тормоза.

В основу алгоритма управления электронным модулем положена зависимость тормозного момента ПЭТ от скорости движения автомобиля по передачам: $M_T = f(V_A, N)$. Величина момента сопротивления рассчитана для каждой передачи с учетом аэродинамического сопротивления и сопротивления качению колес автомобиля (см. табл. 1).

ЭБУ получает и обрабатывает сигналы от датчиков частоты вращения входного и промежуточного валов КП, положения рычага выключения фрикционного сцепления, а также сигнала от тензометрических датчиков деформации скобы ПЭТ. Затем производится расчет номера N текущей передачи и линейной скорости V_A автомобиля. По заложенным в электронный блок характеристикам микропроцессор рассчитывает методом двумерной интерполяции требуемый тормозной момент порошкового тормоза, сопоставляет его с фактическим тормозным моментом и при обнаружении расхождения более чем на 20 Нм подает напряжение на одну из 4-х обмоток шагового электродвигателя. При этом бегунок переменного резистора тиристорного модуля 11 (см. рис. 2) будет поворачиваться, увеличивая или уменьшая момент сопротивления электромагнитного тормоза. Направление вращения ротора электродвигателя определяется полярностью приложенного к обмоткам напряжения.

Таблица 1. Тормозной момент электрического нагружателя по передачам

передача	$U_{кп}$	M_{ψ} , Н·м	$M_{в}$, Н·м	M_{Σ} , Н·м	$M_{\text{торм}}$, Н·м	$n_{\text{двс}}$, об/мин	$n_{\text{вых}}$, об/мин
I	7,82	177,0	1,2	178,2	178,2	2300	294,1
II	6,38	177,3	2,0	179,4	179,4	2690	421,6
III	4,03	178,0	3,4	181,5	181,5	2680	665,0
IV	3,29	179,1	5,8	184,9	184,9	2670	811,5
V	2,5	180,8	9,7	190,6	190,6	2650	1060,0
VI	2,04	183,9	16,3	200,2	200,2	2640	1294,1
VII	1,53	188,9	27,3	216,3	216,3	2630	1718,9
VIII	1,25	197,4	45,8	243,2	243,2	2620	2096,0
IX	1	211,3	76,2	287,6	287,6	2610	2610,0
X	0,85	227,8	112,3	340,2	340,2	2600	3058,8

$U_{кп}$ – передаточное число КП; M_{ψ} , $M_{в}$ – моменты сопротивления движению автомобиля, M_{Σ} – суммарный момент сопротивления в приведении к выходному валу КП;

$M_{\text{торм}}$ – тормозной момент на выходном валу нагружателя;

$n_{\text{вых}}$ – частота вращения выходного вала КП

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стенд для испытания двигателей внутреннего сгорания: пат. RU 2059217C1, МПК G01M15/0007 Ю. М. Чикунов; заявл. 03.03.1993; опубл. 27.04.1996.
2. Стенды для измерения крутящего момента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http // www.mix-eng.ru / stati / izmerenie-krutyaschego-momenta / stand-dlya-ispitaniya-dvigatelay.html](http://www.mix-eng.ru/stati/izmerenie-krutyaschego-momenta/stand-dlya-ispitaniya-dvigatelay.html)– Дата доступа: 24.03.2013.
3. Руктешель О.С. Интеллектуальная система управления стенда автоматизированного силового агрегата автомобиля / Руктешель О.С., Соломахо В.Л., Кусяк В.А., Филимонов А.А. // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2009. – № 4. – С. 31–36.
4. Системы автоматического управления с электромагнитными порошковыми муфтами / Г.Ф. Коновалов, О.Б. Коноваленко. – М.: "Машиностроение", 1986. –157 с.

УДК 621.89

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАГРУЗОЧНЫХ ФАКТОРОВ И СПОСОБА ОБРАБОТКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРАБОТКИ ПАР ТРЕНИЯ

Акулич Я.А., Акулич А.П.

Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

Приработка является обязательным этапом работы узла трения. Протекающая на заключительном этапе изготовления или в начале эксплуатации приработка, в значительной степени определяет безотказность работы всего механизма. Формирование в результате правильно осуществленной приработки несущих поверхностных слоев при минимуме износа в процессе приработки обеспечивает значительное повышение долговечности сопряжения.

Интенсивность изнашивания в процессе приработки во многом будет зависеть как от нагрузочных факторов, таких как нагрузка и скорость, так и от обеспечения оптимальных параметров качества взаимодействующих поверхностей пар трения на стадии их изготовления.

Для испытаний была определена пара трения типа “вал-втулка”. Образец, выступающий в качестве “вала” пары трения был изготовлен из легированной конструкционной стали 40Х с последующей термообработкой до HRC 40...45, ГОСТ 4543-71, а втулка – из оловянистой бронзы БрОЦС 5-5-5 ГОСТ 613-79. Известно, что сочетание материалов антифрикционных пар трения: сталь-бронза относится к наиболее благоприятным.

Размеры образцов, подвергнутых испытаниям на трение соответствовали руководству по эксплуатации машины трения 2070 СМТ–1 [1]. Радиус рабочей поверхности образцов составлял $R_{\text{раб.}} = 17,5$ мм.

Для экспериментальных исследований, учитывая необходимость определить трибологические характеристики пар трения в процессе приработки имеющих отличную исходную шероховатость, полученную разными методами механической обработки, сопрягаемые поверхности группы образцов имели фактический усредненный параметр шероховатости поверхностей, полученных шлифованием $R_a = 0,27$ и точением $R_a = 1,31$. Оптимальные значения шероховатости