

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ НАТЯЖЕНИЯ РЕМНЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА И ГЕНЕРАТОРА В АВТОМОБИЛЯХ ВАЗ

К.Т.Н. Ермаков В.В.¹, К.Т.Н. Малеев Р.А.², Холодов А.А.², Шматков Ю.М.²

¹Тольяттинский политехнический университет, Тольятти, Россия

²Московский политехнический университет, Москва, Россия, eore@mospolytech.ru

В данной статье представлены материалы по анализу измерителей натяжения ремня газораспределительного механизма автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Проведен обзор и анализ измерителей натяжения ремня газораспределительного механизма ведущих зарубежных производителей. Проведена классификация способов измерения натяжения ремня. Сделан вывод о том, что механические измерители натяжения ремня не обеспечивают достаточной точности измерения. Рассмотрена классификация электронных регистраторов натяжения ремня. Выявлены основные недостатки современных электронных измерителей натяжения ремня газораспределительного механизма автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Представлен разработанный в Тольяттинском политехническом университете цифровой прибор для измерения натяжения ремня газораспределительного механизма автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Приводятся структурная и принципиальная схемы прибора для измерения натяжения ремня, а также рабочие диаграммы прибора. Разработанный прибор является универсальным и может также использоваться для измерения натяжения любых ремней, например, для привода автомобильного генератора. Предлагаемая методика измерения натяжения ремня газораспределительного механизма и генератора в дальнейшем может быть адаптирована к использованию для автотранспортных средств различных автопроизводителей (в том числе, зарубежных), которые оборудованы системами электростартерного пуска с емкостным накопителем энергии и аккумуляторной батареей.

Ключевые слова: газораспределительный механизм, распределительный вал, цифровой измеритель натяжения ремня, частота свободных колебаний, структурная схема.

Введение

Известно, что неотъемлемой составной частью в ДВС является газораспределительный механизм (ГРМ) [1]. Конструктивные исполнения ГРМ в значительной степени многообразны. Механизмы газораспределения ДВС классифицируются и производятся в зависимости от того, каким образом в последних осуществляется управление впуском [2–5]. В настоящее время наиболее распространен верхнеклапанный ГРМ с верхним расположением распредвала.

Любой ГРМ работает таким образом, что очередность циклов в каждом цилиндре соответствует последовательности работы двигателя. Это обеспечивается строго определенным расположением кулачков по углу их разворота относительно друг друга на распределительном вале (РВ) и положением РВ относительно коленчатого вала (КВ).

Современные двигатели имеют многоклапанный ГРМ, в котором на один цилиндр дви-

гателя приходится до четырех (пяти) клапанов. Клапаны приводятся в движение группами от двух РВ.

У 16-клапанных двигателей ВАЗ привод от КВ до двух РВ осуществляется зубчатым ремнем, который имеет ширину 25,4 мм., шаг 9,525 мм., число зубьев – 136. Эти ремни выпускают много фирм, например: Gates, TRW, Deico, Балаково (БРТ) и др. Привод от КВ к распредвалам осуществляется через два обводных ролика, причем один ролик с помощью кулачкового механизма позволяет регулировать натяжение ремня ГРМ после установки КВ по специальным меткам, так как ремень ГРМ испытывает импульсные нагрузки от кулачков РВ, имеющих яйцевидную форму и натяжение ремня должно регулироваться в строго определенном положении КВ.

Основная часть

Существуют два основных способа измерения натяжения ремней:

- с помощью динамометра, измеряющие прогиб ремня при нагрузке;
- с помощью электронных регистраторов, измеряющих период (частоту) свободных колебаний после механического удара по ремню.

Механические измерители (например, ППНР-100, фирмы «Ормет» г. Екатеринбург) для измерения натяжения ремня ГРМ не подходят, т.к. их точность и погрешность измерения не обеспечивают технических требований на измерение прогиба ремня ГРМ ВАЗ. По данным ОАО АвтоВАЗ прогиб ремня ГРМ должен составлять $5,4 \pm 0,3$ мм при нагрузке 10 кг (100 Н).

Точность прибора ППНР-100 составляет $\pm 0,5$ мм. Субъективная погрешность измерения: перекосы при наложении на ремень, рывки при приложении нагрузки еще больше снижают точность измерения. Такие же недостатки имеет наиболее совершенный механический измеритель натяжения ремней фирмы «Staeger» (Германия).

Электронные регистраторы натяжения ремней [6] разделяются на два класса:

- регистраторы с памятью на сотни различных ремней и имеющие светодиодные индикаторы «мало–норма–много» (STT-1).
- измерители частоты свободных колебаний, имеющие цифровой дисплей (Clavis).

И первый и второй класс приборов основаны на методе измерения частоты (периода) колебаний после удара по ремню. Для регистраторов производится сравнение с базой данных частот колебания ремня, заложенных в память

прибора и вывода информации на светодиодные индикаторы. Во втором данные выводятся на семисегментный индикатор, измеряющий частоту колебаний.

Структурная схема прибора «Clavis Belt Tension Meter» фирмы «Integnated Displex System Ltd» (Англия) показана на рис. 1.

Работает прибор следующим образом

В окно дифференциального акустического датчика 1 помещается ремень так, чтобы он не касался датчика. По ремню ударяют металлическим стержнем, чтобы возбудить свободные затухающие колебания ремня. Колебания ремня улавливаются датчиком 1, и по кабелю передаются в прибор «Clavis» на вход дифференциального усилителя 2, который усиливает полезный сигнал и ослабляет синфазные помехи. По первому фронту сигнала с выхода усилителя формирователь сброса 6 обнуляет регистр хранения показаний 9 и все счетчики. Через полосовой фильтр 3 сигнал поступает на формирователь периода колебаний ремня 7, а с его выхода на аналого-цифровой преобразователь АЦП 4. В оперативной памяти запоминающего устройства (ОЗУ) 5 хранится число, соответствующее периоду колебания ремня. Арифметико-логическое устройство (АЛУ) 8 вычисляет частоту колебания ремня $F = 1/T$ [Гц] и хранит данные в регистре хранения 9 до прихода другого сигнала от датчика 1. На трехразрядном ЖК-дисплее 10 высвечивается результат измерения в герцах.

Следует отметить сложность проведения измерений данным прибором. Необходимо одновременно держать датчик, прибор и выпол-

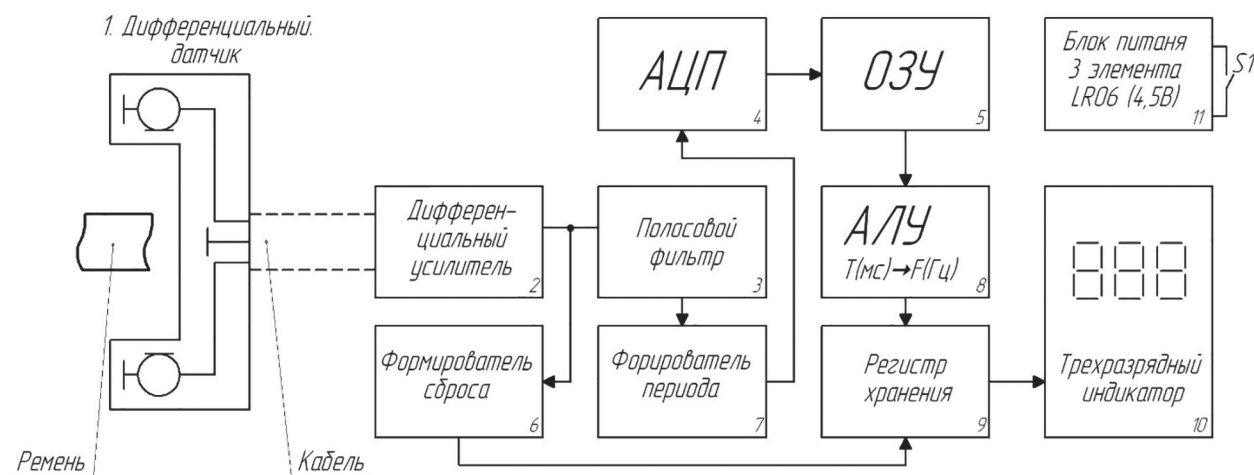


Рис. 1. Структурная схема прибора фирмы «Clavis»

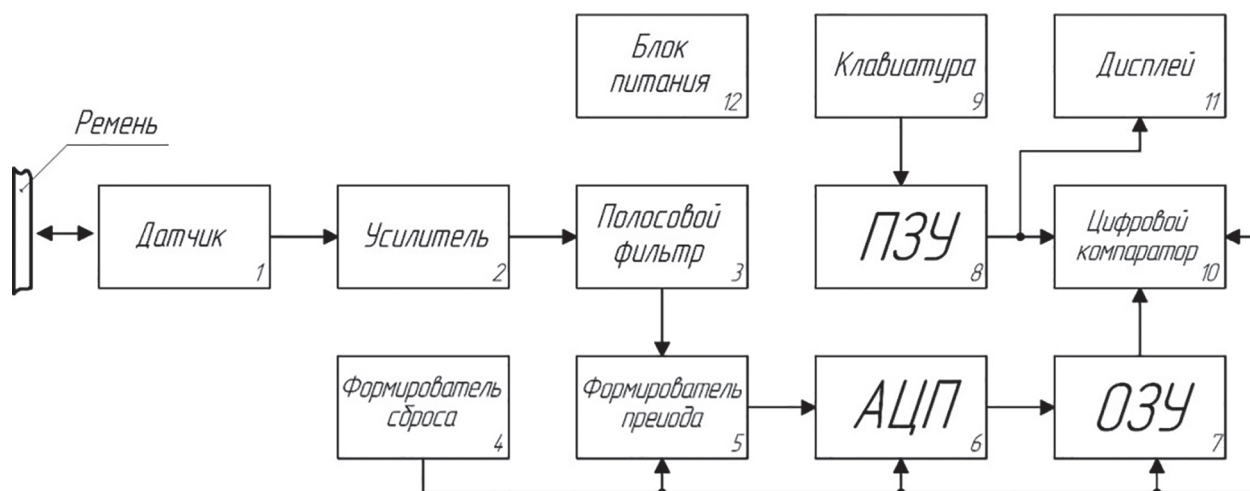


Рис. 2. Структурная схема прибора STT-1

нять удары по ремню, выдерживая зазоры над ремнем, что затруднительно. Вычисление производится в течение 1–3 секунд. Информация о принятых сигналах производится акустически. Натяжение ремня ГРМ для автомобиля ВАЗ оптимизировано фирмой Porsche (Германия). Для повышения точности измерения делаются три измерения, и берется среднее арифметическое значение. Прибором можно измерять натяжение любых ремней в диапазоне 100–200 Гц. Стоимость прибора составляет 500 долларов.

Более удобным в применении является тестер STT-1 (Sonic Tension Tester) фирмы Gates, который имеет память на 100 ремней и работает по принципу регистратора «мало – норма – много». Структурная схема прибора STT-1 приведена на рис. 2.

Прибор работает следующим образом. До начала измерения необходимо установить номер ремня с помощью клавиатуры 9. На дисплее 11 высвечивается номер испытываемого

ремня, при этом в память цифрового компаратора 10 заносится частота колебания ремня и диапазон отклонения от нормы. При ударе по ремню датчик 1 улавливает свободные колебания, которые через кабель поступают на усилитель 2 и через полосовой фильтр 3 (100–200 Гц) и формирователь периода 5 на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 6. Данные о периоде колебания ремня хранятся в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) 7. Цифровой компаратор 10 сравнивает данные с постоянно-запоминающим устройством (ПЗУ) 8 с измеренными и соответственно включает один из светодиодов.

Пользоваться прибором STT-1 удобнее, чем «Clavis». Не нужно сравнивать трехзначные числа с табличными значениями, вычисляя среднее арифметическое значение. Стоимость прибора STT-1 600 долларов [7].

В Тольяттинском политехническом университете был разработан прибор, измеряющий

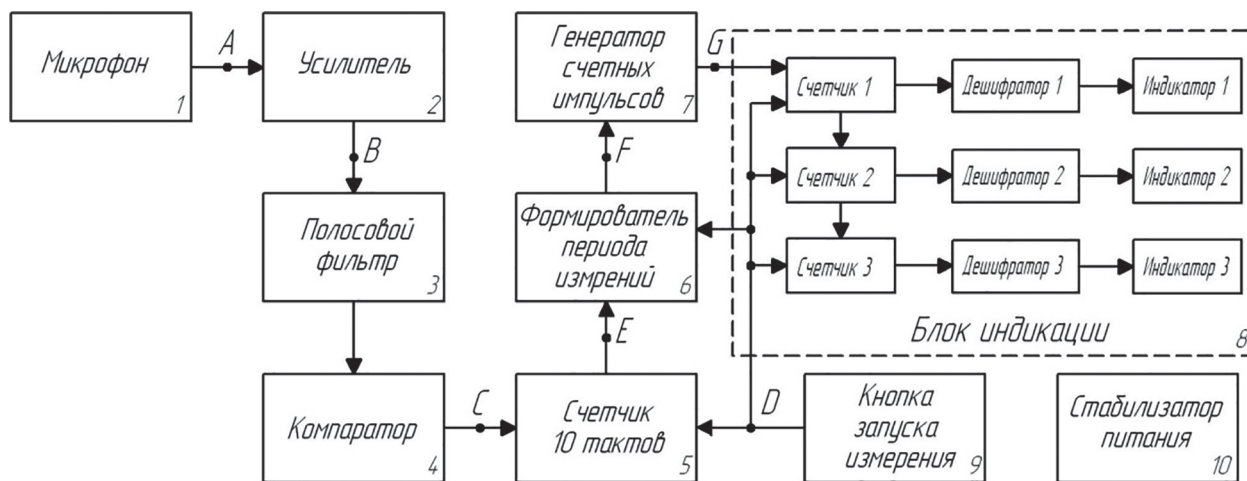


Рис. 3. Структурная схема прибора для измерения натяжения ремней в автомобиле

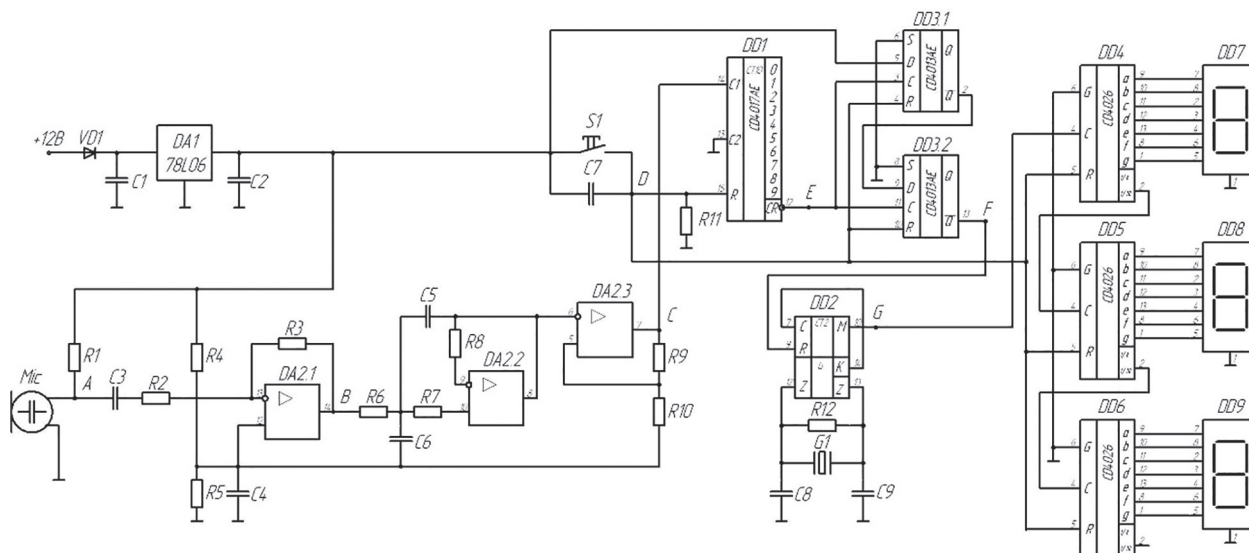


Рис. 4. Принципиальная схема прибора для измерения натяжения ремней автомобилей

10 периодов свободных колебаний ремня. Показания периода от 6.5 до 6.8 мс соответствуют диапазону 113–167 Гц. Структурная схема представлена на рис. 3.

Измерение периода более точно характеризует натяжение ремня, так как при перерасчете частоты, происходит округление результата и вносится дополнительная погрешность. Прибор измеряет среднее значение из 10 периодов колебаний ремня и выводит данные на 3-х разрядный цифровой дисплей. Поскольку первый период искажен (накладывается частота удара), выбрано измерение среднего из 10 периодов, что дает в сравнении с приборами «Clavis» и STT-1 равновесные результаты.

На рис. 4 представлена принципиальная схема прибора, на рис. 5 показаны диаграммы, поясняющие работу прибора. После удара по ремню затухающий синусоидальный сигнал с микрофона (A) поступает на усилитель DA2.1, с выхода которого (B) он приходит на вход компаратора DA2.2. С выхода (C) прямоугольные импульсы подаются на счетчик 10 периодов колебания ремня DD1.

С выхода (E) счетчика сигнал поступает на формирователь однократного периода измерения DD3.1, DD3.2, который с выхода (F) управляет работой кварцевого генератора 10 кГц, сигнал которого (G) поступает на вход трехразрядного счетчика – дешифратора DD4, DD5, DD6. На шкале индикаторов DD7, DD8, DD9 при частоте колебания ремня 150 Гц высвечивается число 667, соответствующее периоду колебания ремня.

Габариты прибора значительно меньше аналогов – он имеет встроенный датчик-микрофон и питается от бортовой сети автомобиля. Самое главное преимущество прибора «ЦНТ-ремень» – его доступная цена, в 30 раз ниже аналогов. Прибор универсальный: им можно измерять натяжение любых ремней, ремня

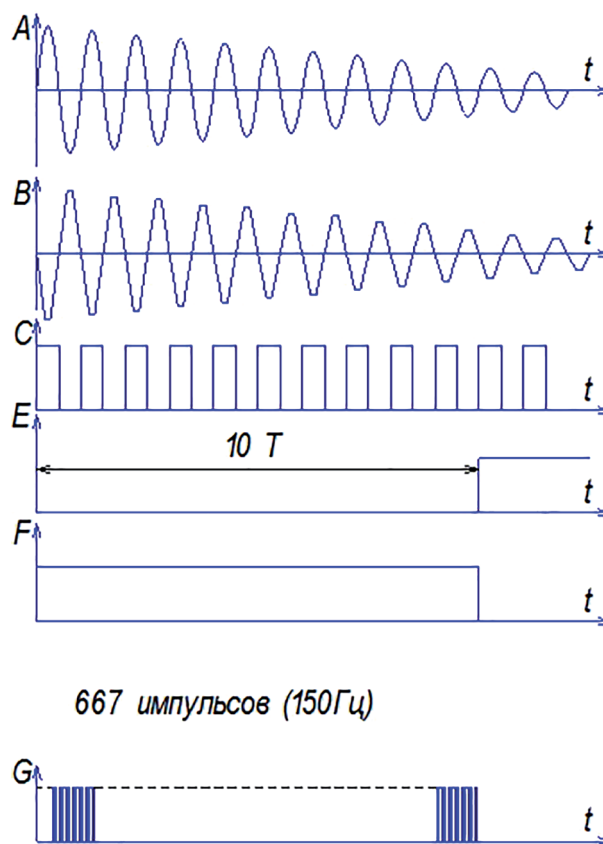


Рис. 5. Диаграммы работы прибора для измерения натяжения ремней автомобилей

ГРМ, ремня генератора, для которого частота свободных колебаний составляет 120 Гц и др.

Выводы

Существуют два основных способа измерения натяжения ремня ГРМ ДВС: механический и электронный.

Применение в настоящее время электронных приборов для измерения натяжения ремня ГРМ ДВС отличается сложностью схемного решения и высокой ценой.

Предлагается универсальный цифровой измеритель натяжения ремня, имеющий минимальные габариты, массу и себестоимость.

Предлагаемая методика измерения натяжения ремня газораспределительного механизма и генератора в дальнейшем может быть адаптирована к использованию для автотранспортных средств различных автопроизводителей (в том числе зарубежных), которые оборудованы в том числе системами электростартерного пуска с емкостным накопителем энергии и аккумуляторной батареей [8–12], что требует дальнейшего исследования.

Литература

- Акимов А.В., Варламов Д.О., Зуев С.М. Конструкция, описание работы и проведение диагностики системы электростартерного пуска современных транспортных средств. Учебное пособие. М.: Московский Политех, 2017. 52 с.
- Хортов В.П., Скворцов А.А., Зуев С.М. Высоковольтные системы пуска двигателей внутреннего сгорания. Автомобильная промышленность, 2016. № 10. С. 24–27.
- Skvortsov A.A., Khortov V.P., Zuev S.M. High-voltage starting systems of combustion engines. International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 111, 2016, № 3, pp. 455–465.
- Хортов В.П., Скворцов А.А., Зуев С.М., Ворожейкин В.В. Суперконденсаторные системы пуска ДВС. Автомобильная промышленность, 2016. № 12. С. 12–16.
- Шматков Ю.М., Лавриков А.А. Исследование работы системы электростартерного пуска транспортных средств. Методические указания. М.: Московский Политех, 2017. 20 с.
- Зуев С.М., Шматков Ю.М., Малеев Р.А., Хортов В.П., Лавриков А.А., Варламов Д.О. Электрооборудование и электроника автомобилей в основных терминах с их объяснением на русском и английском языках. Учебный справочник. М.: Московский Политех, 2017. 196 с.
- Ермаков В.В., Петин Ю.О., Пьянов М.А. Новый метод диагностирования электрооборудования автомобилей в условиях производства // Автомобильная промышленность. 2006. № 5. С. 32–34.
- Коротков В.И., Малеев Р.А., Мычка Н.В., Гулин А.Н. Емкостные накопители энергии в системе электростартерного пуска автомобильных двигателей. Известия МГТУ «МАМИ». 2015, № 4(26). Т. 1. С. 26–31.
- Квайт С.М., Менделевич Я.А., Чижков Ю.П. Пусковые качества и системы пуска автотракторных двигателей. М.: Машиностроение, 1990. 256 с.
- Малеев Р.А., Гулин А.Н., Мычка Н.В., Кузнецова Ю.А. Система электростартерного пуска с различными источниками тока. Известия МГТУ «МАМИ». 2015, № 4(26). Т. 1. С. 51–55.
- Малеев Р.А., Шматков Ю.М. Подбор системы электростартерного пуска с емкостным накопителем энергии и аккумуляторной батареей. Известия МГТУ «МАМИ». 2013, № 2(16). Т. 1. С. 125–129.
- Малеев Р.А., Шматков Ю.М. Методика расчета системы электростартерного пуска с аккумуляторной батареей и емкостным накопителем энергии. Известия МГТУ «МАМИ». 2013, № 2(16). Т. 1. С. 129–133.

References

- Akimov A.V., Varlamov D.O., Zuev S.M. *Konstrukciya, opisaniye raboty i provedeniye diagnostiki sistemy ehlektrostarternogo puska sovremennykh transportnykh sredstv. Uchebnoye posobie* [Construction, operation description and diagnostics of the system of electric start of modern vehicles. Textbook]. Moscow: Moskovskij Politekh Publ., 2017. 52 p.
- Hortov V.P., Skvorcov A.A., Zuev S.M. High-voltage systems for starting internal combustion engines. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 2016. No 10, pp. 24–27 (in Russ.).
- High-voltage starting systems of combustion engines. A.A. Skvortsov, V.P. Khortov, S.M. Zuev. International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 111, 2016, No 3, pp. 455–465.
- Hortov V.P., Skvorcov A.A., Zuev S.M., Vorozhejkin V.V. Supercapacitor ICS starting systems. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 2016. No 12, pp. 12–16 (in Russ.).
- SHmatkov YU.M., Lavrikov A.A. *Issledovanie raboty sistemy ehlektrostarternogo puska transportnykh sredstv. Metodicheskie ukazaniya* [Study of the operation of the system of electric start of vehicles. Methodical instructions]. Moscow: Moskovskij Politekh Publ., 2017. 20 p.

6. Zuev S.M., SHmatkov YU.M., Maleev R.A., Hortov V.P., Lavrikov A.A., Varlamov D.O. *EHlektrooborudovanie i ehlektronika avtomobilej v osnovnyh terminah s ih ob"yasneniem na russkom i anglijskom yazykah. Uchebnyj spravochnik* [Electrical equipment and electronics of automobiles in basic terms with their explanation in Russian and English. Training Directory]. Moscow: Moskovskij Politekh Publ., 2017. 196 p.
7. Ermakov V.V., Petinov YU.O., P'yanov M.A. New method for diagnosing the electrical equipment of vehicles in production conditions. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2006. No 5, pp. 32–34 (in Russ.).
8. Korotkov V.I., Maleev R.A., Mychka N.V., Gulin A.N. Capacitive energy storage in the system of electric start of automobile engines. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2015, No 4(26). Vol. 1, pp. 26–31 (in Russ.).
9. Kvajt S.M., Mendelevich YA.A., CHizhkov YU.P. *Puskovye kachestva i sistemy puska avtotraktornyh dvigatelej* [Starting qualities and launch systems for automotive tractor engines]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1990. 256 p.
10. Maleev R.A., Gulin A.N., Mychka N.V., Kuznecova YU.A. Electric start system with various current sources. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2015, No 4(26). Vol. 1, pp. 51–55 (in Russ.).
11. Maleev R.A., SHmatkov YU.M. Selection of an electric starter system with a capacitive energy storage and battery. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2013, No 2(16). Vol. 1, pp. 125–129 (in Russ.).
12. Maleev R.A., SHmatkov YU.M. Method for calculating the system of electric start with a battery and a capacitive energy storage device. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2013, No 2(16). Vol. 1, pp. 129–133 (in Russ.).

THE DIGITAL GAUGE OF A TENSION OF A BELT OF A GAS-DISTRIBUTING MECHANISM AND THE GENERATOR IN VAZ VEHICLES

Ph.D. V.V. Ermakov¹, Ph.D. R.A. Maleev², A.A. Holodov², YU.M. SHmatkov²

¹Togliatti Polytechnic University, Togliatti, Russia

²Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

eope@mospolytech.ru

In this article, the analysis of belt tension measurement instruments for the gas-distributing mechanism of automotive internal combustion engines is presented. The review and analysis of belt tension measurement instruments of the gas-distributing mechanism of leading foreign manufacturers was conducted. Classification of methods for measuring belt tension is carried out. It is concluded that the mechanical belt tension indicators do not provide sufficient measurement accuracy. The classification of electronic belt tensioners is considered. The main disadvantages of modern electronic measurement instruments of belt tension of the gas distribution mechanism of automobile internal combustion engines are revealed. A digital device for measuring the belt tension of the gas distribution mechanism of automotive internal combustion engines, developed at Togliatti Polytechnic University, is presented. Structural and schematic diagrams of the device for measuring belt tension, as well as working diagrams of the device, are given. The developed instrument is universal and can also be used to measure the tension of any belts, for example, for driving a car generator. The proposed method for measuring the tension of the gas-distributing belt and the generator can be further adapted to the use for motor vehicles of various automakers (including foreign ones) that are equipped, in particular, with electric start systems with a capacitive energy storage and a battery.

Keywords: gas distributing mechanism, camshaft, digital belt tension measurement instrument, frequency of free oscillations, block diagram.