Принцип действия данного прибора основывается на свойствах магнитной жидкости. Рабочая жидкость поступает в трубку 1, заполняя ее внутренний объем

После того как объем заполнен, к МЖС подводится постоянный магнит, создавая при этом магнитное поле.

Вследствие взаимодействия магнитного поля с магнитной жидкостью, сенсор начинает растягиваться, заполняя предоставленный ему объем Ограничителем в данной ситуации является стенки трубки.

Из-за эластичности оболочки сенсор принимает ту же форму что и трубка, тем самым перекрывая возможность жидкости просачиваться.

С помощью электрического привода постоянный магнит приводится в движение, вдоль трубки. В результате этого оболочка с наполненной магнитной жидкостью, под действием магнитного поля начинает двигаться за магнитом, тем самым вытесняя рабочую жидкость, то есть, выполняет роль поршня. По завершении процесса сенсор возвращается в стационарное состояние, за счет упругих свойств оболочки, удерживаемый лишь стержнем 3 и креплениями оболочки 6.

В данном приборе возможно использование вместо постоянно магнита, несколько катушек, расположенных на внешних стенках трубки.

Это дает возможность регулировки силы магнитного поля, а так же несколько упрощает конструкцию, так как дает возможность отбросить постоянный магнит, а так же элементы привода, необходимые для его передвижения.

1. Д.В.Орлов. Магнитные жидкости в машиностроении. М.: Машиностроение, 1993.- 272 с.
2. Ю.В. Николаенко, А.В.Власов. Векторно-энергетический анализ формователей гидравлических импульсов для систем кровообращения. Вестник БИБиУ, 2009, № 1(2), с.84-88.

Пузаков А.В.

Исследование эксплуатационной надёжности автомобильных стартеров

*Оренбургский государственный университет
(Россия, Оренбург)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-22

idsp: 000001:spc-12-02-2018-22

Аннотация

Техническая эксплуатация легковых автомобилей не предусматривает проведение регламентных операций по диагностированию электрооборудования автомобилей, что приводит к внезапным отказам, а, следовательно, к сходу автомобилей с линии и экономическому ущербу. В статье рассмотрены причины, проявления и последствия неисправностей электростартеров автомобилей ВАЗ. Приведён результат исследования эксплуатационной надёжности стартеров, наработка на отказ которых составила 119,5 тыс. км пробега. Предложено диагностировать техническое состояние стартера при достижении 105 тыс. км пробега с начала эксплуатации.

Ключевые слова: автомобильный стартер, наработка на отказ, эксплуатационная надёжность

Автомобиль, как сложная система взаимодействующих элементов, агрегатов и механизмов, обеспечивает своё функционирование благодаря заложенной надёжности и ремонтпригодности, с одной стороны, и совершенствованию методов технического воздействия на автотранспортные средства, с другой стороны.

Несмотря на высокую надёжность техническое состояние агрегатов, систем, узлов и деталей автотранспортных средств в условиях эксплуатации изменяется, и периодически наступают отказы.

Основная доля отказов автомобилей ВАЗ, приходится на двигатель внутреннего сгорания (23%) и электрическое и электронное оборудование (32%).

Существенная доля отказов электрооборудования объясняется постоянно расширяющейся номенклатурой изделий, повышением их технической сложности и согласуется с данными других исследователей [1, 2, 3]. На элементы электрооборудования приходится от 17% до 25% всех отказов, причём на их устранение приходится до 30% затрат времени.

Руководства по эксплуатации и техническому обслуживанию современных автомобилей не предусматривают операций диагностирования элементов электрооборудования. Это приводит к внезапным отказам агрегатов электрического оборудования, а, следовательно, к сходу автомобилей с линии и экономическому ущербу.

К деталям электрооборудования с наименьшей вероятностью безотказной работы, согласно [4] можно отнести датчики, электроусилитель, руля, стартеры, генераторы, реле, переключатели и т.п.

Автомобильный стартер, служащий для сообщения двигателю внутреннего сгорания начальной частоты вращения, является довольно надёжным устройством, срок службы которого сопоставим со сроком службы автомобиля. Однако, в процессе эксплуатации в работе стартеров рано или поздно возникают неисправности, нередко приводящие к их отказам. Отказ автомобильных стартеров автоматически приводит к невозможности тронуться с места, что при неблагоприятном стечении обстоятельств (например, неожиданной остановке автомобиля на оживлённом перекрёстке или железнодорожном переезде) может создать риск возникновения ДТП. Следовательно, возникает необходимость своевременного определения технического состояния автомобильных стартеров без снятия с автомобиля.

На рисунке 1 приведён анализ причин, вызывающих появление неисправностей автомобильных стартеров [5, 6]. Причинами неисправностей автомобильных стартеров являются окисление выводов и наконечников проводов, разряженность АКБ, повреждение зубьев маховика, ослабление и неправильная установка стартера, неисправность выключателя зажигания, а также низкое качество комплектующих, нарушение правил эксплуатации, попадание воды, грязи и т.д.

Последствиями этих причин являются обрывы и замыкания обмоток, пробуксовка обгонной муфты, закоксовывание механизма привода стартера, износ втулок подшипников и щёток, поломка буферной пружины и встроенного редуктора, повреждение зубьев шестерни, неисправности тягового реле и другие. Проявляются вышеперечисленные неисправности в виде невозможности включения стартерного электродвигателя или тягового реле, не отключения стартера после запуска, а также повышенном нагреве и шуме при работе.

Время исправного состояния стартеров автомобилей ВАЗ представляет собой случайную величину. В результате наблюдения было получено 31 значение времени исправного состояния автомобильных стартеров в тыс. км пробега.

Найдём оценку математического ожидания [7] с помощью формулы

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

$$\bar{X} = 78,2 \text{ тыс. км}$$

Оценку дисперсии можно найти с помощью формулы

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad (2)$$

$$S^2 = 2318,48$$

1 - Повышенный шум при работе; 2 - Стартер не выключается после пуска ДВС;
 3 - Стартер включается, но коленчатый вал ДВС не прокручивается;
 4 - Тяговое реле включается, но якорь не вращается; 5 - Стартер и тяговое реле не включаются

Рисунок 1 – Неисправности автомобильных стартеров, причины и проявления

Среднее квадратическое отклонение определим, как корень квадратный из дисперсии

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{2,02} = 48,15$$

Построим гистограмму и график интегральной функции распределения (рисунок 2).

Принимаем число интервалов, рассчитанное по формуле Стенжера $k=7$, ширина интервала $\Delta x = X_{\max} - X_{\min} / 7 = 180,0 - 7,7 / 7 = 24,6$.

$$k \leq 1 + 3,31 \lg n, \quad (4)$$

где n – объем выборки.

$$k \leq 1 + 3,31 \lg 31 = 1 + 5,96 = 5,93$$

С помощью критерия Пирсона определим соответствие данных нормальному закону.

Определим значения функции плотности распределения вероятностей на каждом интервале по теоретическому уравнению. Теоретическое уравнение для нормального закона имеет вид

$$f(t) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(X_i - \bar{X})^2}{2S^2} \right].$$

Расчёты удобно проводить с помощью таблицы 1.

$$\bar{X}_j = x_{\min} + \Delta x(j + 0,5), \quad (5)$$

где $x_{\min}$ – наименьшее значение из данных наблюдений; Δx – величина интервала; j – номер интервала ($j = 0, 1, 2, \dots k-1$); k – количество интервалов группирования.

В случае, когда значения параметров распределения определены, эмпирические частоты попадания исходных данных в интервал m_j сопоставляются с частотами, вычисленными по теоретическому уравнению плотности распределения вероятностей m'_j , вычисляемые по формуле

$$m_j = n \cdot f_j, \quad (6)$$

где n – объем выборки; f_j – плотность распределения вероятностей, вычисленная по теоретическому уравнению плотности распределения принятого закона для середины каждого интервала.

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^r \frac{(m_j - m'_j)^2}{m'_j}; \quad (7)$$

где k – число степеней свободы.

У нормального закона распределения два параметра ($n = 2$), значит число наложенных связей $s = 3$, число степеней свободы $k = 3$.

Таблица 1

Расчёт значения χ^2

Номер интервала j	Середина интервала X_j	Теоретическое значение функции плотности распределения вероятности $f(X_j)$	Теоретическая частота m'_j	Опытная частота m_j	χ^2
1	12,5	0,00326	0,101	4	0,974
2	37,5	0,00579	0,180	6	0,97
3	62,5	0,00786	0,244	6	0,96
4	87,5	0,00813	0,252	5	0,95
5	112,5	0,00643	0,199	4	0,95
6	137,5	0,00388	0,120	3	0,96
7	162,5	0,00178	0,055	2	0,97
8	187,5	0,00063	0,019	1	0,98
					7,71

Если $\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{кр}}$ – нет оснований отвергнуть гипотезу о нормальном распределении генеральной совокупности. Другими словами, эмпирические и теоретические частоты различаются незначительно (случайно).

По таблице критических точек распределения χ^2 , по уровню значимости $\alpha = 0,05$ и числу степеней свободы $k = 3$ находим критическую точку правосторонней критической области.

Гипотеза о принадлежности опытных данных нормальному закону не отвергается, поскольку $\chi^2_{\text{набл}} = 7,71 < \chi^2_{\text{кр}} (0,05; 6) = 7,8$

Наработка неисправных автомобильных стартеров также представляет собой случайную величину. В результате наблюдения были получены 10 значений наработки: 68,478,6 94,0101,3 105,7119,0 128,0140,0 169,4 190,5 тыс. км.

Текущая вероятность безотказной работы p_T [8]

$$p_T = 1 - n/N_H, \quad (8)$$

где $n = N_H - N_K$ – число машин, имеющих отказы стартеров в заданном интервале наработки, ед.; N_H – число машин контрольной группы, ед.; N_K – число машин, не имеющих отказов стартеров в заданном интервале наработки, ед.

Вероятность отказов и безотказной работы, рассчитанная по результатам диагностирования автомобильных стартеров представлена на рисунке 3.

Рисунок 2 – Гистограмма распределения наработки исправных и неисправных стартеров автомобилей ВАЗ

Наработка на отказ автомобильных стартеров составит

$$L_0 = \sum_{i=1}^n L_i / \sum_{i=1}^n r_i, \quad (9)$$

где L_i – наработка на отказ i – того стартера, тыс. км; r_i – суммарное число отказов стартеров.

Наработка на отказ согласно выражению (9) составила 119,5 тыс. км. пробега. Корректируя полученное значение с установленной периодичностью технического обслуживания (для автомобилей ВАЗ она составляет $L_{TO} = 15$ тыс. км), окончательно получаем, что диагностирование автомобильных стартеров следует проводить через $L_0^1 = 105$ тыс. км после начала эксплуатации.

Рисунок 3 – Изменение вероятности отказа и безотказной работы автомобильных стартеров с увеличением наработки

1. Денисов, Ил.В. Надёжность автомобилей в гарантийный период их эксплуатации / Ил.В. Денисов, А.А. Смирнов // Автомобильная промышленность, 2015. – №11. – С. 1-4.

2. Заятров, А.В. Комплексная оценка качества и надёжности электрооборудования легкового автомобиля: автореф. дис. ... канд. техн. наук /А.В. Заятров. – Самара, 2013. – 16 с.
3. Сидорин, Е.С. Совершенствование организации технического обслуживания элементов системы электрооборудования легковых автомобилей: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Е.С. Сидорин. – Оренбург, 2015. – 148 с.
4. Козловский, В.Н. Обеспечение качества и надёжности системы электрооборудования автомобилей: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук /В.Н. Козловский. – Тольятти, 2010. – 41 с.
5. Пузаков, А.В. Разработка метода диагностирования автомобильных стартеров / А.В. Пузаков, А.Д. Киданов/ Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: сборник статей. Вып. 1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – С. 99-105
6. Пузаков, А.В. Разработка метода диагностирования автомобильных стартеров / А.В. Пузаков, А.Д. Киданов/ Перспективные направления автотранспортного комплекса: сборник статей IX Международной научно-производственной конференции. /МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. –С. 44-49
7. Пузаков, А.В. Исследование эксплуатационной надёжности автомобильных генераторных установок /А.В. Пузаков // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: сборник статей VIII Международной научно-производственной конференции / МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – С. 87-91.
8. Харазов, А.М. Методы оптимизации в технической диагностике машин / А.М. Харазов, С.Ф. Цвид. – М.: Машиностроение, 1983. – 132 с.

Уласень А.Ф., Уласень А.А.
Обеспечение надёжности радиоэлектронной аппаратуры
сложных технических систем

*Военная академия ВПВО ВС РФ
(Россия, Смоленск)*

doi:10.18411/spc-12-02-2018-23

idsp: 000001:spc-12-02-2018-23

Вопросам надёжности функционирования сложных технических систем в общем и информационно-управляющих систем изделий специального назначения в частности в настоящее время уделяется большое внимание, поскольку обеспечение заданной надёжности таких систем на всех этапах их жизненного цикла – одна из важнейших существующих проблем[1]. Причем обеспечение надёжности должно осуществляться с одновременным учетом достоверности выдаваемой информации, учетом структуры, возникающих отказов и ограниченным числом компонентов ЗИП.

Проблема повышения надёжности технических устройств должна решаться в первую очередь на основе разработки высоконадёжных компонентов этих устройств. В свою очередь, разработка и проектирование современной радиоэлектронной аппаратуры и сложных систем специального назначения невозможны без проведения анализа и прогнозирования их надёжности на ранних этапах. Целями анализа являются оптимальное распределение надёжности между составными частями аппаратуры или системы, выбор структуры, обеспечивающей наибольшие значения показателей надёжности, определение необходимой степени избыточности, оптимальный выбор начальных значений параметров компонентов аппаратуры и др. Прогнозирование надёжности является, по существу, конечным этапом анализа, на котором проводится теоретическая оценка количественных показателей надёжности окончательно выбранного варианта аппаратуры или системы [2].

Потенциальная надёжность, закладываемая в процессе разработки технического устройства, может быть реализована на практике при надлежащих условиях эксплуатации. В этой связи исследуются три группы задач: анализ взаимодействия человека-оператора с техническим устройством, задачи профилактического обслуживания устройств и задачи, связанные с обеспечением ремонтной пригодности устройств.