

УДК 614.84

*Хлебунов С.А.,
кандидат технических наук, доцент,
декан факультета «Безопасность жизнедеятельности и
инженерная экология»*

ДГТУ

Россия, г. Ростов на Дону

Жуков А.С.,

магистрант

*3 курс, факультет «Безопасность жизнедеятельности и защиты
окружающей среды»*

Россия, г. Ростов на Дону

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА ОТ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА В ЭЛЕКТРОСЕТИ АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: В статье рассмотрены основные положения теории надежности, проведен анализ использования теории надежности в пожарном деле. Рассмотрены примеры оценки методов анализа интенсивности отказов в электросети автомобиля. Проанализированы аварийные режимы в электросети автомобиля, приводящие к возникновению пожара.

Ключевые слова: пожарный риск, транспорт, логистическая регрессия, стохастическое моделирование.

ASSESSMENT OF METHODS OF DEFINITION OF PROBABILITY OF EMERGENCE OF THE FIRE FROM EMERGENCY OPERATION OF THE POWER SUPPLY NETWORK OF THE CAR

Annotation: Basic provisions of the theory of reliability are considered, the analysis of use of the theory of reliability in fire business is carried out. Examples of an assessment of methods of the analysis of failure rate in the car power supply network are reviewed. Emergency operation in the car power supply networks leading to fire emergence is analysed.

Keywords: fire risk, transport, logistic regression, stochastic modeling.

Одной из причин возникновения пожара на транспорте может являться аварийный режим в электропроводке автомобиля. Современный автомобиль, даже отечественный, становится все более оборудован различными электротехническими устройствами, включая «штатное», установленное на автозаводе-изготовителе и дополнительное оборудование, которое могут установить на автомобиль по желанию его владельца многочисленные фирмы (речь идет о различных системах охранной сигнализации с возможностью автозапуска двигателя, о системах автоакустики, о системах кондиционирования воздуха в салоне и т.п.). За последние десять лет в России автомобильный парк, особенно легкового транспорта, возрос в несколько раз. С ростом автомобильного транспорта по различным причинам увеличивается и количество пожаров, возникающих в нем.

Одной из основных причин возникновения пожара в автомобиле является халатное отношение со стороны водителей к состоянию систем электрооборудования. Так же пожарная опасность автомобиля обуславливается наличием в нем большого количества горючих материалов и источников зажигания, а также условий для образования горючей среды.

Согласно статистическим данным [1], большой процент пожаров, происходящих в автомобилях, происходит от теплового проявления электрической энергии (короткие замыкания, перегрузка, большие переходные сопротивления и т.д.). Самые распространенные причины возникновения пожаров при аварийных режимах – это короткие замыкания (около 35 %), перегрузки (13,4 %) и около 11,9 % пожаров происходит от возникновения в электрических сетях больших переходных сопротивлений. Для оценки надежности используются различные критерии. Одним из определяющих критериев используется показатель интенсивности отказов $\lambda(t)$ [2], под которым понимается отношение количества отказавших элементов в единицу времени к среднему числу элементов, исправно работающих в конкретный период времени при условии, что отказавшие элементы не восстанавливаются и не заменяются исправными. То есть интенсивность отказов – это плотность условной вероятности отказа в момент времени t , при условии, что до этого момента элемент работал безотказно. Саму величину отказов $\lambda(t)$ можно определить опытным путем, используя статистические данные, воспользовавшись справочными данными или используя методы экспертной оценки.

Из многочисленных эмпирических данных [2] следует, что функция $\lambda(t)$ имеет вид кривой (рис. 1). Из приведенного рис. 1 видно, что весь интервал времени можно разбить на три участка.

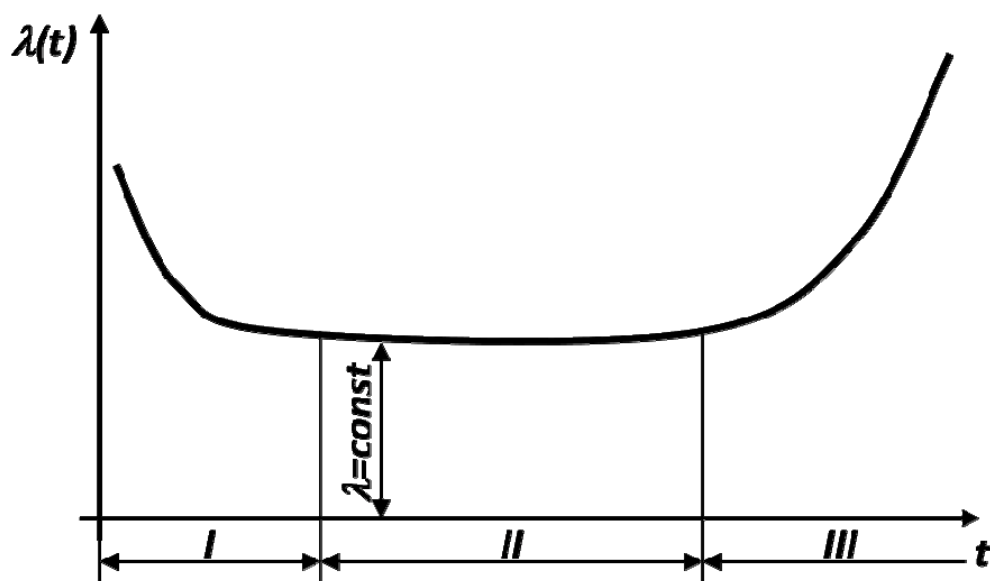


Рис. 1. Зависимость интенсивности отказов от времени: I – период приработки начального возникновения отказов; II – часть, период нормальной эксплуатации; III – период старения

На первом участке видно, что функция $\lambda(t)$ имеет повышенные значения. Это объясняется тем, что при производстве автомобилей могут возникнуть производственные скрытые дефекты (рис. 2), могут быть использованы некачественные материалы и элементы электропроводки, возможны неисправности, вызванные транспортировкой автомобиля.

Отказы могут быть следствием конструкторских (например, неудачная компоновка) и эксплуатационных (нарушение режимов приработки) ошибок. Это может привести к аварийным режимам в электропроводке, приводящим к возникновению горения. Первый период работы автомобиля называют периодом приработки. Период приработки электропроводки автомобиля, как правило, небольшой, так как продолжительность безотказной работы некачественных элементов обычно сравнительно низка, поэтому выявить и заменить их удастся за сравнительно короткое время. Из рис. 1 видно, что участок соответствующий периоду приработки I, представляет собой монотонно убывающую функцию $\lambda(t)$, крутизна которой и протяженность во

времени тем меньше, чем совершеннее конструкция, выше качество ее изготовления и более тщательно соблюдены режимы приработки. Период приработки считают завершенным, когда интенсивность отказов элементов электропроводки автомобиля приближается к минимальной величине λ_{min} .



Рис. 2. Дефект в плюсовом электрическом проводе питания стартера привел к возникновению короткого замыкания с крышкой сцепления и последующему возгоранию

Второй период называется периодом нормальной работы. Он характеризуется внезапными отказами. Они возникают неожиданно из-за воздействия ряда случайных факторов, и предупредить их приближение практически не представляется возможным. При этом следует учитывать, что

к этому времени в электропроводке автомобиля остаются только полноценные компоненты, срок износа и старения которых еще не наступил. Такие внезапные отказы все же подчиняются определенным закономерностям. В частности, частота их появления в течение достаточно большого промежутка времени одинакова в однотипных классах автомобилей, при этом интенсивность отказов в интервале времени (t_1-t_2) минимальна и имеет почти постоянное значение $\lambda_{\min} \approx \text{const}$. К внезапным отказам электросети автомобиля относят, например, пробой диэлектриков, короткие замыкания проводников, большие переходные сопротивления, неожиданные механические разрушения элементов конструкции и т.п. Величина интенсивности отказов λ_{\min} тем меньше, а интервал времени (t_1-t_2) тем больше, чем совершеннее и выше качество изготовления автомобиля и правильное соблюдение режимов эксплуатации.

Третий период характеризуется повышенной интенсивностью отказов из-за износа и старения электрооборудования автомобиля. Возникают необратимые физические и химические изменения, приводящие к разрушению или частичному утрачиванию своих свойств, необходимых для нормального функционирования элементов электросети автомобиля. Такие процессы носят, как правило, необратимый характер. К отказам в результате износа относят изменение диэлектрических свойств изоляции электрических проводов, возникновение больших переходных процессов вследствие агрессивного воздействия окружающей среды, механический износ деталей и др. Их увеличение связано с резким возрастанием интенсивности отказов λ . Участок (t_2-t_3) «кривой жизни» электросети автомобиля представляет собой монотонно возрастающую функцию, крутизна которой тем меньше (а протяженность во времени тем больше), чем более качественные материалы и комплектующие изделия использованы в аппаратуре. Все показанные на рис. 1 виды отказов (изменения состояния электропроводки автомобиля) носят случайный характер. Используя

рассмотренные состояния поведения электропроводки автомобиля, можно описать общий подход к построению математической модели оценки и анализа надежности системы. Для различных конкретных систем электросети автомобиля число возможных состояний может быть изменено. Учитывая, что изменение состояний системы во времени представляет собой случайный процесс, то построение математической модели оценки и анализа надежности электропроводки автомобиля следует проводить с учетом принципиальных электрических схем электросети автомобиля, характер воздействия внешней обстановки, правил и регулярности обслуживания и ряда других факторов.

На сегодняшний день моделирование процессов возникновения чрезвычайных ситуаций на транспорте соответствует математическим детерминированным моделям [3]. Основой расчетных методов, используемых в полевых моделях, служит принцип разбиения пространства конечно-элементной сеткой. От выбора параметров разбиения пространства конечно-элементной сеткой будет зависеть время, точность и устойчивость расчетов. В соответствии с ГОСТом Р 51901.15–2005: Менеджмент риска. Применение марковских методов, можно оценить показатели надежности электросети автотранспортных средств.

Кривую роста интенсивности отказов можно моделировать логистической функцией или сигмоидой – гладкой монотонной нелинейной S-образной функцией [4, 5]. Она описывает кривую роста вероятности некоего события, по мере изменения управляющих параметров. При моделировании роста опасности (риска) управляющими параметрами являются факторы риска, которые могут принимать положительные и отрицательные значения.

Простейшая логистическая функция может быть описана формулой:

$$P(r)=1/(1+e^{-r}),$$

где функцию $P(r)$ можно рассматривать как вероятность риска возникновения аварийной ситуации в электросети автомобиля, а переменную r – как значения факторов риска, причем:

$$r=k_0+k_1r_1+k_2r_2+\dots+k_nr_n,$$

где k_0 – фоновая величина фактора риска, то есть величина r , при нулевых значениях всех специфических факторов риска; $k_1, k_2\dots k_n$ – некоторые коэффициенты, требующие подбора, обычно, методом наибольшего правдоподобия.

Начальная стадия роста логистической кривой соответствует экспоненциальной функции. Затем, по мере роста управляющих параметров, функция проходит критическую точку, в которой происходит перегиб. Ясно, что перегиб функции наблюдается при $r=0$, при этом риск становится равным 0,5. С позиций теории перколяции эту точку можно считать порогом перколяции. Дальнейший рост осуществляется по обратной экспоненте, темп роста реализации опасностей замедляется, и в зрелом периоде практически останавливается.

По приближенным данным Всемирного научно-исследовательского светотехнического института им. С.И. Вавилова в стране находится в эксплуатации порядка 108 штук электроустановочных изделий. Поэтому вероятность возникновения возгорания за один год от одного изделия представляет $2 \cdot 10^{-5}$, что превышает нормативную толерантную величину (по ГОСТ 12.1.004–91 равную 106 на одно изделие в год) и служит основанием разработки мер по повышению пожарной опасности этой части электросети

автомобиля.

Список использованной литературы:

1. Статистика пожаров РФ 2013. URL: <http://wiki-fire.org/Print.aspx?Page=> (дата обращения:10.12.2015). Рыжкин А.А., Слюсарь Б.Н., Шучев К.Г. Основы теории надежности: учеб. пособие. Ростов н/Д.: Изд. центр ДГТУ, 2002. 182 с.
2. Моторыгин Ю.Д. Математическое моделирование процессов возникновения и развития пожаров: монография / под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2011. 184 с.
3. Методика расчета пожарных рисков на транспорте / М.И. Архипов [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 3. С. 132–139.
4. Косенко Д.В., Моторыгин Ю.Д. Математическое моделирование развития горения автомобиля // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 2. С. 45–50.
5. Электронный журнал «Безопасность техногенных и природных систем» 2022. №3. С. 32-36. ISSN 2541-9129 Статистика пожаров как инструмент предотвращения чрезвычайных ситуаций. Хлебунов С.А., Хохлова К.В., ссылка [8] <https://btps.elpub.ru/jour/article/view/172/322/>.