

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНЫХ КОНДУКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ В БОРТОВОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ 5350

Широкое внедрение высокотехнологичных электронных изделий, предназначенных для работы на военных машинах устанавливает необходимость строгого выполнения требований к их электромагнитной совместимости по кондуктивным помехам в бортовых сетях. В статье выполнен анализ источников электромагнитных помех в бортовой сети автомобиля. В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению параметров импульсных кондуктивных электромагнитных помех в бортовой сети автомобиля КАМАЗ 5350 и определению их соответствия требованиям по электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: бортовая сеть, кондуктивные помехи, электромагнитная совместимость, помехоустойчивость, помехоэмиссия, статический анализ.

Введение. Электромагнитная совместимость (ЭМС) предполагает способность технических устройств нормально функционировать в условиях определенной электромагнитной обстановки. При этом сами устройства не должны являться источниками электромагнитных помех для других систем, функционирующих в заданном окружении. Под электромагнитными помехами понимается воздействие электрических, магнитных или электромагнитных полей, которое нарушает или ухудшает нормальную работу технических средств.

Электромагнитные помехи (ЭМП) имеют различную среду распространения и разделяются на индуктивные помехи, распространяющиеся в виде электромагнитных полей в непроводящих средах, и кондуктивные помехи, распространяющиеся в проводниковой среде по проводам, кабелям, оболочкам кабелей, шинпроводам, проводящим конструкциям, системам заземления.

Индуктивные помехи являются результатом воздействия сильного внешнего электромагнитного поля. Причинами кондуктивных ЭМП могут быть коммутационные процессы в электрических цепях, полупроводниковые преобразователи и другие нелинейные нагрузки.

Постановка задачи. В процессе эксплуатации военных машин в бортовой сети (БС) может нарушаться электромагнитная совместимость (ЭМС). В БС могут возникать кондуктивные электромагнитные помехи (ЭМП). Требования стандартов по ЭМС [1–10] при этом выполняться не будут, а электрооборудование будет работать в режимах, которые не заложены проектировщиком. Известно, что наиболее чувствительными к действию ЭМП являются именно высокотехнологичные электронные изделия. При возникновении кондуктивных ЭМП в БС военной машины корректная работа всех ее устройств не может быть гарантирована. Также могут возникнуть режимы, когда эти устройства могут выйти из строя. Поэтому исследования, направленные на обеспечение ЭМС в БС военных машин, являются актуальными.

Теория. В процессе выполнения исследования применялось научно-техническое обобщение литературных источников по исходным предпосылкам исследований. Основным научным направлением решения проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств учёными из многих стран мира: Д. В. Вилюсовым, А. А. Воршевским, О. А. Маевским, В. А. Вениковым, М. П. Бадером,

Ю. С. Кравчиком, В. П. Гореловым, В. Г. Сальниковым, Е. В. Ивановой, А. А. Руппелем, С. Н. Чижма (Россия); Н. В. Жежеленко (Украина); Адольфом И. Швабом (Германия); Рене Пелисье (Франция); Дж. Аррилягой (Великобритания) и др. является улучшение электромагнитной совместимости (ЭМС) путём контроля качества напряжения в бортовой сети военно-гусеничных (ВГ) и колёсных машин (КМ) [11–14].

ЭМС электрооборудования характеризуется помехоустойчивостью к кондуктивным ЭМП БС ВГ и КМ, а также уровнем собственных кондуктивных ЭМП, измеряемых на выводах источников питания (аккумуляторные батареи (АКБ), генераторная установка).

Проверка соответствия изделия требованиям стандартов по ЭМС выполняется при постановке изделий на производство, а также при изменении конструкции изделий или технологии изготовления, если эти изменения могут оказать влияние на их работоспособность.

В период эксплуатации необходимо обеспечить ЭМС по уровню кондуктивных ЭМП по цепям питания ВГ и КМ. Методики и регламента выполнения таких проверок на сегодняшний день нет.

В процессе эксплуатации в электроэнергетической системе ВГ и КМ электрооборудование частично теряет свои изначальные характеристики и параметры, которые не классифицируются как неисправность. Например, электродвигатели при износе щеточно-коллекторного устройства начинают генерировать в электрическую цепь высокочастотные шумы. Конденсаторы, входящие в состав фильтров питания, со временем теряют свои характеристики. Изменяется их электрическая ёмкость и снижается эффективность работы фильтра. Также стоит отметить, что любой фильтр имеет свои частотные характеристики и эффективен в определенном частотном диапазоне.

Учитывая единство электромагнитных процессов производства, распределения и потребления электрической энергии в ЭЭС ВГ и КМ, целесообразно отметить связь проблемы импульсного и гармонического воздействия помех на электрооборудование автотранспортных средств с общей проблемой ЭМС технических средств. Для этого осуществим ретроспективный анализ всех действующих в ЭЭС ЭМП.

В соответствии с государственными стандартами по электромагнитной совместимости [3–8] ЭМП снижает показатели качества функционирования технических устройств в тех случаях, когда ЭМП превышает допустимое значение. Из-за наличия разнообразных связей между источником ЭМП и рецептором указанные выше помехи оказывают негативное воздействие на техническое средство [12–20]. Обобщенная схема влияния источника помехи на приёмник представлена на рис. 1 [14]. В такой схеме источник ЭМП и приёмник представлены в виде двух систем, между которыми по проводящим или непроводящим связям распространяется помеха.

Как уже было отмечено, ЭМП могут быть вызваны различными причинами. Условно их разделяют на помехи естественные (природные) и искусственные или антропогенные (техногенные), непреднамеренно возникающие в различных технических системах.

Среди известных природных источников электромагнитного излучения самыми опасными для

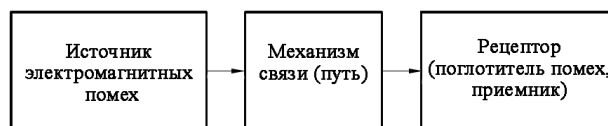


Рис. 1. Схема влияния электромагнитных помех на рецептор

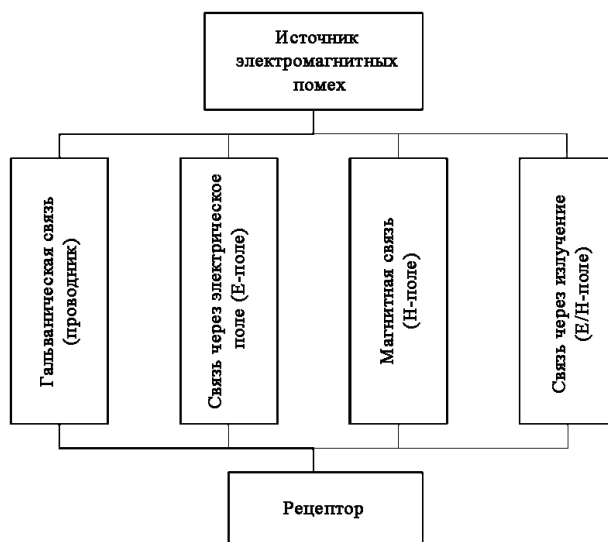


Рис. 2. Пути влияния источника электромагнитных помех на рецептор

технических средств являются разряды молний, электростатические разряды и магнитные бури.

Технические средства одновременно действуют как приёмники электрической энергии, так и как передатчики, которые намеренно или непреднамеренно излучают в окружающую среду электромагнитную энергию. Силовое оборудование электроэнергетических систем (генераторы, шины, силовые кабели, реакторы, трансформаторы и т.д.), работающее в нормальном режиме, создаёт вокруг себя электрические и значительные магнитные поля промышленной частоты, которые формируют помехи.

На рис. 2 представлен более подробный механизм связи источника ЭМП и рецептора. Из данной схемы видно, что механизм связи подразделяется на гальваническую связь (ЭМП от источника до рецептора распространяется через проводящую среду), ёмкостную связь (ёмкости рассеяния, которые называют паразитными ёмкостями), магнитную связь и связь через электрическое поле и магнитное поле (также относятся к связи через излучение). Рассмотренные механизмы связи взаимосвязаны между собой. Кондуктивные ЭМП, распространяющиеся по кабельным и воздушным линиям электропередач, по общему контуру заземления и т.д., и излучаемые ЭМП, распространяющиеся через индуктивную связь (H-поле), ёмкостную связь (E-поле) и связь электромагнитного излучения (E/H-поле) [12–20].

Порядок выполнения измерений. В настоящее время ни одним из рассмотренных стандартов не даётся определение ЭМП в БС ВГ и КМ и частных методик применительно к ВГ и КМ не существует. Поэтому предлагается обратиться к опыту определения ЭМП в промышленных установках, на воздушных и морских судах, космической тех-

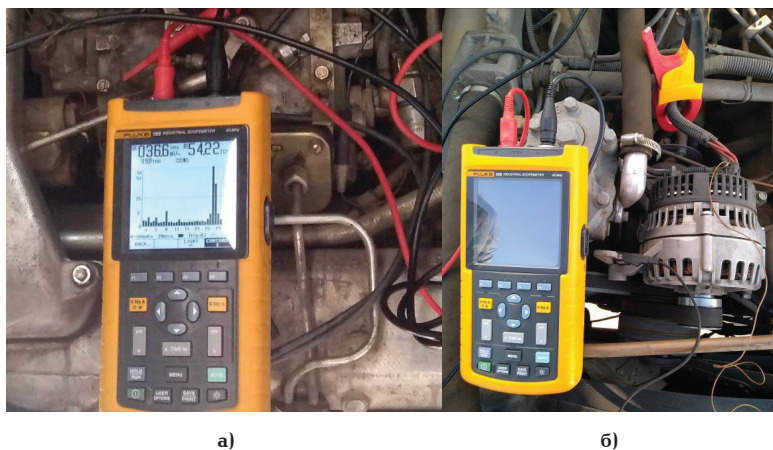


Рис. 3. Подключение осциллографа FLUKE 125 к автомобильному генератору:
а) автомобиль КАМАЗ 5350; б) автомобиль УРАЛ 43201

нике и адаптировать этот опыт к требованиям стандартов, действующих в области ЭМС, распространяющимся на ВГ и КМ.

Электромагнитные помехи, которые являются характеристиками оборудования и подсистем, измеряют спектральными характеристиками, чтобы получить высокую степень гарантии, что аппаратура будет функционировать без электромагнитных взаимодействий с другим оборудованием в условиях эксплуатации. Электромагнитная среда является сложной и чрезвычайно переменной в зависимости от различных рабочих режимов, переменная составляющая напряжения носит характер изменения помехи во времени и близка к синусоидальному. При этом спектр помехи близок к линейному.

Несоответствие требованиям электромагнитных помех часто приводит к системным проблемам. Чем больше несоблюдение требований пределов, тем выше вероятность того, что проблема будет усложняться.

Для проведения экспериментальной части исследований по определению параметров импульсных кондуктивных электромагнитных помех предлагается использовать следующее оборудование:

- 1) регистрирующий осциллограф DSO-6022 BE;
- 2) осциллограф-измеритель FLUKE 125.

Наведенные синусоидальные волны (шум) на линиях питания определяются осциллографом по спектрограмме (рис. 3).

Оценка помехозащищенности БС ВГ и КМ при импульсных помехах выполняется регистрирующим осциллографом с последующим определением параметров импульса и сравнением с установленными ГОСТ значениями. Подключение измерительных приборов к бортовой сети автомобиля показано на рис. 4.

При определении помехоэмиссии осциллограф должен быть подключен максимально близко к ожидаемому источнику помехи, при оценке помехозащищенности к потребителю. Оценка помехоустойчивости для электрооборудования выше функционального класса С проводить не целесообразно. В этом случае достаточно оценить только помехоэмиссию, т.к. при невыполнении требований стандартов у электрооборудования и особенно его изоляции подверженной негативному воздействию кондуктивных помех сокращается срок службы и снижается надежность, следовательно, увеличивается вероятность отказов.



Рис. 4. Подключение регистрирующего осциллографа DSO-6022 BE к бортовой сети автомобиля КАМАЗ 5350

Обсуждение результатов. Значение напряжения в БС ВГ и КМ U_{bc} в установившемся режиме работы должно не выходить за пределы 22,5 и 28,5 В, при этом математическое ожидание напряжения БС определяется как $M[U_{bc}] = 27$ В.

Измеренное значение напряжения БС с учетом относительной погрешности выбранного оборудования 3 % может находиться в границах $27 \pm 0,81$ В.

Случайные ошибки экспериментов при определении режимных параметров сети могут составлять от 15 до 30 % [21, 22], поэтому для их уменьшения необходимо знать желательную точность определения численного значения измеряемой величины. При этом будем иметь в виду, что случайные погрешности измерений уровней ЭМС в большинстве случаев подчиняются закону нормального распределения и не могут быть исключены опытом.

С учетом вероятностного возникновения случайной ошибки и параметров оборудования отклонение измеряемой величины может достигнуть значения 8,1 В при допустимом значении 0,81 В. Таким образом, для нормального законом распределения значение измеренного напряжения БС будет иметь параметры математическое ожидание $M[U_{bc}] = 27$ В, а среднеквадратичное отклонение $\delta[U_{bc}] = 2,7$ В.

Для определения числа измерений n колеблющихся (варьирующихся) величин используется коэффициент вариации γ , показывающий, в каком диапазоне меняется эта величина,

$$n = \frac{3,84\gamma^2}{\Delta^2}, \quad (1)$$

где Δ — допустимый предел отклонения измеряемой величины.

Коэффициент вариации является относительной характеристикой рассеивания теоретического распределения отклонения напряжения

$$\gamma = \frac{\delta[U_{6c}]}{M[U_{6c}]}. \quad (2)$$

Тогда в относительных единицах принимаем $\gamma = \pm 0,1$, а наибольшее значение отклонения измеряемой величины принимаем $\Delta = \pm 0,03$. По формуле (1) определяем, что число экспериментальных измерений для получения достоверных результатов составит $n \approx 42$.

Величина кондуктивных ЭМП $\delta U'_i$ по импульсному отклонению напряжения в БС исследуемого объекта ВГ и КМ является случайной величиной, связана с полем событий импульсных отклонений напряжения δU_i и их продолжительности t_i и характеризуется таблицей вероятностей

$$\left(\begin{array}{c} \delta U_{i1}; \delta U_{i2}; \delta U_{i3}; \dots \delta U_{in}; \\ P(\delta U_{i1}); P(\delta U_{i2}); P(\delta U_{i3}); \dots P(\delta U_{in}); \\ t_{i1}; t_{i2}; t_{i3}; \dots t_{in}; \\ P(t_{i1}); P(t_{i2}); P(t_{i3}); \dots P(t_{in}). \end{array} \right), \quad (3)$$

где $\delta U_{i1}; \delta U_{i2}; \delta U_{i3}; \dots; \delta U_{in}$ — значения импульсных отклонений напряжения в течение времени измерений; $P(\delta U_{i1}); P(\delta U_{i2}); P(\delta U_{i3}); \dots; P(\delta U_{in})$ — вероятности появлений значений δU_i ; $t_{i1}; t_{i2}; t_{i3}; \dots; t_{in}$ — интервалы измерений; $P(t_{i1}); P(t_{i2}); P(t_{i3}); \dots; P(t_{in})$ — вероятности появлений значений δU_i в течение времени измерений.

При превышении допустимых значений установленного значения напряжения δU_i часть поля событий (3) обуславливает кондуктивную ЭМП $\delta U'_i$ по импульсному отклонению напряжения в БС исследуемого объекта ВГ и КМ, вызванную особенностями процесса эксплуатации, техническим состоянием электрооборудования, передачи, распределения и потребления электроэнергии в ЭЭС ВГ и КМ. Достоверное значение этой ЭМП может быть определено только статистическими методами [16].

Процесс возникновения кондуктивной ЭМП в БС исследуемого объекта ВГ и КМ представляется математической моделью:

$$\delta U_i \left[\begin{array}{l} P(\delta U_{i, \min} \leq \delta U_i \leq \delta U_{i, \max}) > 0,05; \\ P(t_{i, \min} \leq t_i \leq t_{i, \max}) > 0,05. \end{array} \right] \subset \delta U'_i, \quad (4)$$

где δU_i — импульсное отклонение напряжения в БС, В; $\delta U_{i, \min}$ — импульсное отклонение напряжения в БС, выходящее за минимально допустимую границу, с вероятностью выше 5 %, В; $\delta U_{i, \max}$ — импульсное перенапряжение в БС, выходящее за максимально допустимую границу, с вероятностью

выше 5 %, В; t_i — время импульсного отклонения напряжения в БС, мс; $t_{i, \min}$ — время импульсного отклонения напряжения в БС, выходящее за максимально допустимую границу, с вероятностью выше 5 %, мс; $t_{i, \max}$ — время импульсного перенапряжения в БС, выходящее за максимально допустимую границу, с вероятностью выше 5 %, мс; $\delta U'_i$ — величина кондуктивных ЭМП по импульсному отклонению напряжения в БС, о.е.

Интегральная функция распределения случайной величины δU_i в интервале $(\delta U_{i, \min}; \delta U_{i, \max})$ для импульсного отклонения напряжения определяется по формуле

$$P(\delta U_{i, \min} \leq \delta U_i \leq \delta U_{i, \max}) = \int_{\delta U_{i, \min}}^{\delta U_{i, \max}} \psi(\delta U_i) d(\delta U_i), \quad (5)$$

где $\psi(\delta U_i)$ — плотность вероятности распределения величины δU_i , %;

Интегральная функция распределения случайной величины δU_i в интервале $(t_{i, \min}; t_{i, \max})$ для времени импульсного отклонения напряжения определяется по формуле

$$P(t_{i, \min} \leq t_i \leq t_{i, \max}) = \int_{t_{i, \min}}^{t_{i, \max}} \psi(\delta U_i) d(t_i). \quad (6)$$

При выполнении статистической обработки результатов измерений случайная величина δU_i может быть представлена в виде гистограммы, в которой число квантилей зависит от числа измерений, дисперсии и выбирается таким образом, чтобы граница квантиля совпадала с границей нормируемого значения, а их количество было минимальным для заданной точности расчета [16].

Далее определяется вероятность для каждого квантиля $P(\delta U_i)$ и, в соответствии с выражениями (4)–(6), вычисляется вероятность кондуктивной ЭМП $\delta U'_i$ по импульсному отклонению напряжения в БС исследуемого объекта ВГ и КМ.

При нормальном законе распределения плотность вероятности распределения коэффициента δU_i определяется по формуле

$$\psi(\delta U_i) = \phi\{\delta U_i; M[\delta U_i]; \sigma[\delta U_i]\} = \frac{1}{\sigma[\delta U_i] \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\delta U_i - M[\delta U_i])^2}{2\{\sigma[\delta U_i]\}^2}\right], \quad (7)$$

где $M[\delta U_i]$ — математическое ожидание, %; $\sigma[\delta U_i]$ — среднеквадратическое отклонение, %.

Кондуктивная ЭМП $\delta U'_i$ по импульсному отклонению напряжения в БС исследуемого объекта ВГ и КМ, как производящая функция δU_i , обладает, на основании теоремы о равенстве начальных моментов и следствия о равенстве центральных моментов, свойствами:

$$M[\delta U'_i] = M[\delta U_i]; \quad \sigma[\delta U'_i] = \sigma[\delta U_i], \quad (8)$$

а на основании следствия из теоремы единственности и теоремы непрерывности теории производящих функций характеризуется равенством [14, 23]

$$\phi\{\delta U_i; M[\delta U_i]; \sigma[\delta U_i]\} = \phi\{\delta U'_i; M[\delta U'_i]; \sigma[\delta U'_i]\}. \quad (9)$$

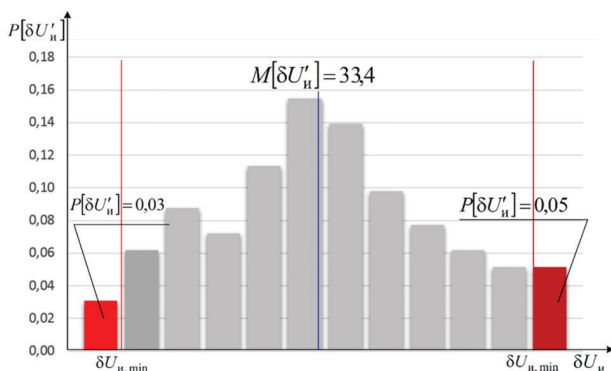


Рис. 5. Гистограмма плотности вероятности распределения, совмещенная с нормируемыми значениями уровней кондуктивной ЭМП $\delta U'_и$ по импульсному отклонению напряжения в БС автомобиля КАМАЗ 5350

По экспериментальным данным строим гистограмму плотности вероятности распределения и совмещаем с нормируемыми значениями уровней $\delta U'_и$ и определяем вероятность возникновения кондуктивной ЭМП $\delta U'_и$ как сумму вероятности первого и последнего квантиля гистограммы, показанной на рис. 5.

Из полученной суммы вычитаем расчетную вероятность ошибок измерения и погрешности (5 %).

$$P[\delta U'_и] = 0,03 + 0,05 - 0,05 = 0,03.$$

Выводы. Таким образом, можно утверждать, что в БС автомобиля КАМАЗ 5350 установлена кондуктивная ЭМП по импульсному отклонению напряжения в диапазоне времени импульсов от 0,3 мс с вероятностью возникновения 3 %.

Предложена методика проведения исследований по определению кондуктивных электромагнитных помех.

Показаны направления развития исследований в области электромагнитной совместимости технических средств в системе электроснабжения автомобиля, а также возможность диагностики неисправностей электрооборудования ВГ и КМ с помощью методов спектрального анализа.

Библиографический список

1. ГОСТ 33991–16. Электромагнитная совместимость. Помехи в цепях. Требования и методы испытаний. Введ. 2018–02–01. М.: Стандартинформ, 2017. 22 с.
2. ГОСТ ISO 7637-2-2015. Транспорт дорожный. Помехи кондуктивные, емкостные и индуктивные. Часть 2. Кондуктивные импульсные помехи в цепях питания. Введ. 2015–09–29. Минск, 2015. 48 с.
3. ГОСТ 28934-91. Совместимость технических средств электромагнитная. Содержание раздела технического задания в части ЭМС. Введ. 1992–07–01. М.: Стандартинформ, 1991. 10 с.
4. ГОСТ 30372-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. Введ. 1992–07–01. Минск, 1991. 10 с.
5. ГОСТ Р 50397-92. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. Введ. 1997–07–01. М.: Госстандарт России, 1993. 14 с.
6. ГОСТ Р 51317.2.5-2000 (МЭК 61000-2-5-95). Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитная обстановка. Классификация электромагнитных помех в

местах размещения технических средств. Введ. 2000–12–13. М.: Изд-во стандартов, 2001. 40 с.

7. ГОСТ Р 51317.4.1-2000 (МЭК 61000-4-1-2000). Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Виды испытаний. Введ. 2002–01–01. М.: Изд-во стандартов, 2001. 16 с.

8. ГОСТ Р 51317.4.6-99 (МЭК 61000-4-6-96). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями. Требования и методы испытаний. Введ. 2002–01–01. М.: Изд-во стандартов, 2001. 48 с.

9. ГОСТ Р 51317.4.11-99 (МЭК 61000-4-11-94). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний. Введ. 2001–01–01. М.: Изд-во стандартов, 2000. 25 с.

10. Кечиев А. Н., Балюк Н. В. Зарубежные военные стандарты в области ЭМС / под общ. ред. А. Н. Кечиева. М.: Грифон, 2014. 448 с.

11. Иванова Е. В., Сидоренко А. А. Гармоники в электрических сетях: задачи и решения / под ред. А. А. Руппель. Омск: Омский филиал Новосиб. гос. акад. водн. транспорта, 2006. 119 с.

12. Громков А. С. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников и способы повышения показателей качества электроэнергии // Экономика и социум. 2020. № 4 (71). С. 253–256.

13. Бадер М. П. Электромагнитная совместимость. М.: УМК МПС, 2002. 638 с.

14. Иванова Е. В. Кондуктивные электромагнитные помехи в электроэнергетических системах / под ред. В. П. Горелова, Н. Н. Лизалека. Новосибирск: Изд-во НГАСУ, 2006. 432 с. ISBN 5-8119-0201-0.

15. Li Congfei. Research on power quality disturbance detection and classification method. Anhui University of Engineering, 2017.

16. Gang H. Research on power quality disturbance detection and classification and identification method. China University of Mining and Technology, 2015.

17. Лютаревич А. Г., Лейнерт В. В., Соколов Д. С. Анализ методов контроля качества электроэнергии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 12. С. 126–130.

18. Николаев П. А., Кечиев А. Н. Электромагнитная совместимость автотранспортных средств / под ред. А. Н. Кечиева. М.: Грифон, 2015. 424 с.

19. IEEE Standard 1159-2009 – IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE, 2019. 98 с.

20. IEEE Standard 1250-2011 – IEEE Guide for Identifying and Improving Voltage Quality in Power Systems. IEEE, 2011. 70 с.

21. Антонов А. И., Денчик Ю. М., Сальников В. Г. Методика и рекомендации измерений показателей качества электроэнергии в рамках требований ГОСТ 32144–2013 // Динамика взаимоотношений различных областей науки в современных условиях: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. В 3 ч. Стерлитамак: АМИ, 2018. Ч. 3. С. 40–44. ISBN 978-5-907034-35-8.

22. Антонов А. И., Денчик Ю. М., Зубанов Д. А. Параметры электромагнитной совместимости технических средств при нормальной электромагнитной обстановке в сети // Сохраняя прошлое, создаём будущее: сб. ст. XIV Междунар. науч.-практ. конф. В 3 ч. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. Ч. 1. С. 104–108.

23. Сидоренко А. А. Подавление кондуктивных электромагнитных помех в электрических сетях предприятий водного транспорта: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2006. 125 с.

ХАЦЕВСКИЙ Константин Владимирович, доктор технических наук, доцент (Россия), профессор ка-

федры «Электрическая техника» Омского государственного технического университета, г. Омск.

SPIN-код: 7219-6033

AuthorID (РИНЦ): 465857

ORCID: 0000-0001-9504-1312

AuthorID (SCOPUS): 56503931800

ResearcherID: A-4002-2016

Адрес для переписки: xkv-post@rambler.ru

СИДОРЕНКО Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры электрооборудования и автоматики Омского автобронетанкового инженерного института (ОАБИИ), г. Омск.

SPIN-код: 8644-6270

AuthorID (РИНЦ): 648900

Адрес для переписки: sidorenko_alex@mail.ru

БЕЛЯКОВ Виталий Евгеньевич, старший преподаватель кафедры электрооборудования и автоматики ОАБИИ, г. Омск.

SPIN-код: 3102-5993

AuthorID (РИНЦ): 583143

ORCID: 0000-0002-0460-1546

AuthorID (SCOPUS): 57214749268

Адрес для переписки: vitaliy_belyakov@mail.ru

РОСЛОВ Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры электрооборудования и автоматики ОАБИИ, г. Омск.

SPIN-код: 4572-8249

Для цитирования

Хацевский К. В., Сидоренко А. А., Беляков В. Е., Рослов С. В. Экспериментальное исследование для определения параметров импульсных кондуктивных электромагнитных помех в бортовой сети автомобиля КАМАЗ 5350 // Омский научный вестник. 2020. № 6 (174). С. 40–45. DOI: 10.25206/1813-8225-2020-174-40-45.

Статья поступила в редакцию 02.10.2020 г.

© К. В. Хацевский, А. А. Сидоренко, В. Е. Беляков, С. В. Рослов