

5. Интернет-ресурс: <http://www.pw.utc.com/>
6. Интернет-ресурс: <http://www.snecma.com/>
7. Интернет-ресурс: http://waterjet.bystronic.com/landing_pages/waterjet/index.php
8. Интернет-ресурс: <http://www.aquarezka.ru/>
9. Интернет-ресурс: <http://www.indec-ecm.com/technologists/spectrum/>
10. Интернет-ресурс: http://www.equipnet.ru/articles/hi-tech/hi-tech_408.html
11. Интернет-ресурс: <http://bashman.ru/ucheba/student/himiya/1578-dostoinstva-i-nedostatki-elektroerozionnoy-obrabotki.html>
12. Интернет-ресурс: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=20872>
13. Моргунов Ю.А., Саушкин Г.Б., Вилигданов Т.В. Электрохимическое гравирование аэродинамических занижений в оснастке с проточным каналом. «Металлообработка», 2010, № 2, с. 70-75.
14. Моргунов Ю.А., Саушкин С.Б. Структурное моделирование и классификация способов электрохимической размерной обработки. Журнал «Известия МГТУ «МАМИ», 2011, № 1, 184-188с.

Электромагнитное поле гибридного автомобиля

д.т.н. проф. Графкина М.В., д.т.н. проф. Нюнин Б.Н., Теряева Е.П.

Университет машиностроения

8 (495) 223-05-23 доб. 1313, eco@mami.ru

Аннотация. Анализ и оценка источников электромагнитного поля автомобиля позволит решать принципиально новые задачи по снижению негативного воздействия этих полей на человека и окружающую среду.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, электромагнитные поля, ближняя и дальняя зона электромагнитного поля

Современный автомобиль является, с одной стороны, одним из достижений научно – технического прогресса, который делает человека более мобильным и обеспечивает комфорт передвижения, а с другой – оказывает серьезное негативное воздействие как на окружающую среду, так и на человека. Сегодня принято оценивать экологичность автомобиля по уровню шума и содержанию вредных веществ в отработавших газах и воздействию этих выбросов на атмосферу. Однако увеличение количества и мощности электрооборудования автомобилей, а также появление на городских автодорогах гибридных автомобилей приводит к появлению еще одного значимого фактора негативного воздействия – электромагнитного поля. В свете ухудшения электромагнитной обстановки урбанизированных территорий проблема исследования внутренних и внешних электромагнитных полей автомобиля становится весьма актуальной.

По литературным данным [1] процент электромагнитного загрязнения городской среды от автотранспорта составляет 18-32%. Проведены исследования показателей электромагнитного поля вдоль городской автомобильной дороги в зависимости от интенсивности дорожного движения. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Полученные результаты показывают, что в низкочастотном диапазоне (5 Гц – 2кГц) показатели электромагнитного поля возрастают с ростом интенсивности движения на дороге, в частотном диапазоне 2 кГц – 400 кГц не прослеживается явная зависимость магнитной индукции и напряженности электрического поля от интенсивности.

Проведен анализ частотного диапазона электрооборудования современных автомобилей [1]. Частотные характеристики электрооборудования автомобиля представлены в таблице 2.

Как видно из приведенных данных, автомобильный транспорт и его оборудование являются источниками электромагнитного поля как в низкочастотном, так и в радиочастотном диапазонах и вносят свой вклад в формирование электромагнитной среды обитания. На сегодняшний день практически все исследования электромагнитных полей автомобиля направле-

ны на изучение электромагнитной совместимости с другими техническими средствами в радиочастотном диапазоне. Что же касается сведений по воздействию электромагнитных полей автотранспорта на окружающую среду, то анализ существующих источников показал их недостаточность и противоречивость [1,2].

Таблица 1

Показатели электромагнитного поля

№ п/п	Интенсивность дорожного движения	Характеристики электромагнитного поля в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц		Характеристики электромагнитного поля в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц		Характеристики электромагнитного поля при частоте 50 Гц	
		Е, В/м	В, мкТл	Е, В/м	В, нТл	Е, В/м	Н, А/м
1.	0 авто/мин	2	0,01	0,01	0	0,7	1,4
2.	35 авто/мин	6	0,1	0,2	1	2	2,1
3.	58 авто/мин	15	0,2	0,2	1	6	2,97

Таблица 2

Частотные диапазоны электрооборудования автомобилей

№ п/п	Источник ЭМП	Частотный диапазон
1.	Система зажигания	от 0,1 до 500 МГц
2.	Звуковой сигнал	от 0,1 до 500 МГц
3.	Указатель поворота	от 0,3 до 30 МГц
4.	Электродвигатели (стеклоочистителя, фароомывателя, вентилятора)	от 0,3 до 250 МГц
5.	Система электрооборудования (цепи с мощными нагрузками, генераторная установка)	от 0 до 100 МГц
6.	Напряжение бортовой сети	1-1000 Гц

Также практически отсутствуют данные о внутренних и внешних электромагнитных полях гибридных автомобилей. Современный гибридный автомобиль представляет собой транспортное средство, приводимое в движение системой «двигатель внутреннего сгорания – электродвигатель». Признаком, позволяющим разделить гибридные транспортные средства по категориям, является тип взаимодействия двигателей. Сегодня различают последовательное (рисунок 1), параллельное (рисунок 2) и последовательно-параллельное подключение (рисунок 3).

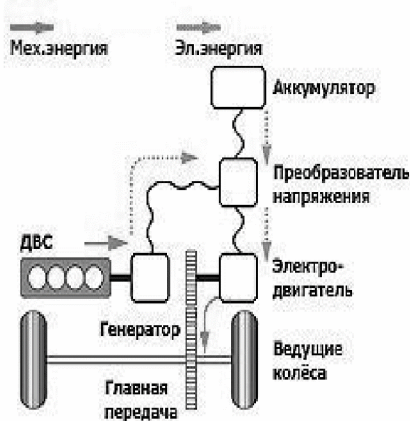


Рисунок 1 –
Последовательная схема

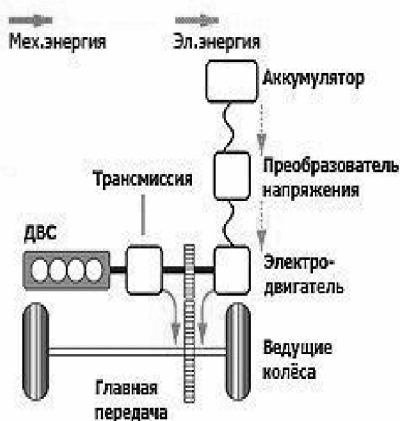


Рисунок 2 – Параллельная
схема

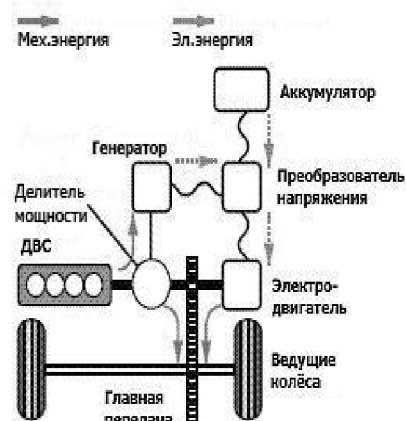


Рисунок 3 –
Последовательно-
параллельная схема

Основным источником электромагнитного поля в рассматриваемых схемах является асинхронный электродвигатель переменного тока промышленной частоты 50 Гц и необходимый для его работы преобразователь напряжения (инвертор). Асинхронный электродвигатель на гибридных автомобилях функционирует не только как мотор, но и выполняет функцию генератора. В начале движения и при движении на малых скоростях электродвигатель работает как мотор, а в процессе торможения выступает в роли генератора. Можно предположить, что с появлением на городских автомобильных дорогах значительного числа гибридных автомобилей произойдет повышение показателей электромагнитного поля на частоте 50 Гц, а также на частотах, которые обусловлены работой преобразователя напряжения. Была исследована работа преобразователя напряжения и получены осциллограммы (рисунок 4).

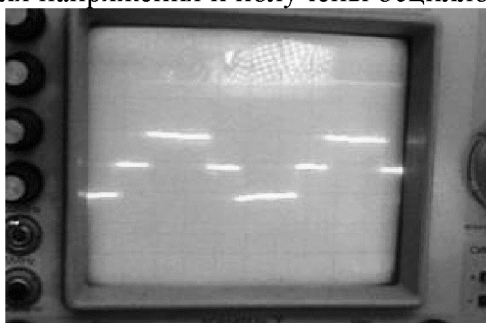


Рисунок 4 – Осциллограмма работы инвертора

Данные осциллограммы показывают ступенчатую зависимость напряжения от времени, что является причиной появления электромагнитных полей различных частот (гармоник) по некоторым источникам в диапазоне от 5 Гц до 1 ГГц. Поэтому необходимо дальнейшее исследование по выявлению спектральной характеристики электромагнитного поля инвертора.

Для удобства исследования источников электромагнитного излучения в свободном пространстве принято делить его на три зоны: ближнюю, переходную и дальнюю зоны. Критерием, по которому происходит деление, является расстояние r между источником поля и точкой измерения: для ближней зоны $r \ll \lambda/2\pi$ для промежуточной зоны $r \cong \lambda/2\pi$, для дальней зоны $r \gg \lambda/2\pi$.

В ближней зоне (на примере элементарного диполя) преобладают E_θ и E_r – составляющие напряженности электрического поля, которые меняются пропорционально $1/r^3$, и H_ϕ – составляющая напряженности магнитного поля, пропорциональная $1/r^2$. В соответствии с этим ближняя зона описывается следующими математическими выражениями:

$$E_r = \frac{l \cdot I^{cm}}{2\pi \cdot \omega \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot r^3} \cdot \sin \omega t \cdot \cos \theta, \quad (1)$$

$$E_\theta = \frac{l \cdot I^{cm}}{4\pi \cdot \omega \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot r^3} \cdot \sin \omega t \cdot \sin \theta, \quad (2)$$

$$H_\phi = \frac{l \cdot I^{cm}}{4\pi \cdot r^2} \cdot \sin \theta \cdot \cos \omega t. \quad (3)$$

В ближней зоне поле таково, что его реактивная плотность энергии, преобладает над активной. Для определения импеданса в этой зоне используется следующая формула:

$$Z = \frac{E_r}{H_\phi} = Z_0 \cdot \frac{\lambda}{2\pi \cdot r}, \text{ где } Z_0 = 377 \text{ Ом.} \quad (4)$$

В дальней зоне электрическое и магнитное поле изменяются в одинаковой фазе, активная плотность энергии преобладает над реактивной и характеризуется вектором Пойнтинга (Умова – Пойнтинга) [3].

Импеданс определяется по формуле [4]:

$$Z = \frac{E_r}{H_\phi} = 377 \text{ Ом} \quad (5)$$

На рисунке 5 показана зависимость импеданса от расстояния до источника.



Рисунок 5 – Зависимость импеданса от расстояния

В промежуточной области поле описывается формулой $r \cong \lambda / 2\pi$. Эту область иногда называют областью излучаемого ближнего поля или зоной дифракции Френеля.

При наличии каких-либо ограничивающих устройств, например, при распространении волн в замкнутом объеме, в суммарной волне может присутствовать продольная составляющая. Тогда вектор активной плотности потока энергии (вектор Умова – Пойтинга) и вектор реактивной плотности потока энергии имеют определенные значения (не равные нулю) и волна является поляризованной [3].

При исследовании внешнего и внутреннего электромагнитного поля гибридного автомобиля необходимо учитывать особенности распространения электромагнитного поля как в свободном пространстве, так и замкнутом объеме (тонкая структура поля).

В настоящее время отсутствуют методы исследования спектральных характеристик источников электромагнитного поля автомобиля, а также механизм возникновения внешних и внутренних электромагнитных полей автомобиля, не проводятся исследования тонкой структуры электромагнитного поля, заключающиеся в определении пространственного распределения амплитудных и энергетических параметров поля (вектор Умова – Пойтинга, ротора и дивергенции).

В связи с этим актуальным являются дальнейшие исследования, направленные на:

- электромагнитный мониторинг транспортных потоков на городских автодорогах;
- определение внешних и внутренних электромагнитных полей гибридных автомобилей;
- разработку рекомендаций по снижению негативного воздействия электромагнитных полей на окружающую среду на этапе их проектирования.

Литература

1. Володина Н.А., Старостин А.К. Проблемы электромагнитной совместимости электронной аппаратуры и электрооборудования автотранспортных средств. – М.: НИИАЭ, 1997 – 260 с.: ил.
2. Михеев О.Л. Воздействие электромагнитного излучения в салоне автомобиля на человеческий организм //Автотракторное электрооборудование. - 2004. - № 1-2. - С.36-38.
3. Нюнин Б.Н., Графкина М.В. К вопросу исследования тонкой структуры инфразвукового и электромагнитного полей автомобиля. // Известия МГТУ «МАМИ». 2012. № 1(13). с. 180-184.
4. <http://www.avtonov.svoi.info/hybrid.html>
5. <http://forum.qrz.ru/attachment.php?s=a5092a2e0ec6059d7dbaa54b5202e13f&attachmentid=56078&d=1315580760>