

## **АНАЛИЗ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Лаврентьев А.А., Лимаренко Н.В., Паниотов Н.В., Морозов Е.В.**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы обеспечения электромагнитной совместимости. Способы минимизации помех такие как: варьирования режимными свойствами эксплуатируемых электронных устройств, а также приведены перспективные схемотехнические решения минимизации электромагнитных помех в электронных устройствах различной области применения от систем автоматизации сельскохозяйственных процессов, до радиоэлектронной аппаратуры. Рассмотрены основные инженерные методы обеспечения электромагнитной совместимости, выполнена авторская классификация категоризирующая типы помех и их характеристики.

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, помехоустойчивость, схемотехнические решения минимизации помех.

## **ANALYSIS OF CIRCUIT SOLUTIONS FOR ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ELECTRONIC DEVICES IN AGRICULTURE**

**Laurentiev A.A., Limarenko N.V., Paniotov N.V., Morozov E.V.**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

**Annotation.** The issues of electromagnetic compatibility are considered. Methods for minimizing interference such as: varying the operating properties of the operated electronic devices, as well as promising circuit solutions for minimizing electromagnetic interference in electronic devices of various applications from automation systems of agricultural processes to radio-electronic equipment. The main engineering methods for ensuring electromagnetic compatibility are considered, the author's classification categorizing the types of interference and their characteristics is performed.

**Keywords:** electromagnetic compatibility, noise immunity, circuit solutions to minimize interference.

Актуальность проблемы электромагнитной совместимости возрастает с ускорением развития электронной техники и, как следствие, переходом современной электронной аппаратуры на все более высокий диапазон частот электромагнитных волн, что подтверждается принятым 15 февраля 2013 года Техническим регламентом Таможенного союза "Об электромагнитной совместимости технических средств" и рядом других нормативных документов.

Целью данной статьи является анализ схемных решений в области электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры, и предложение по минимизации влияния данных помех.

Основными направлениями решения проблем электромагнитной совместимости являются:

- повышение помехоустойчивости систем путём использования рациональных схемотехнических решений и использования альтернативной элементной базы с соответствующими номинальными характеристиками;
- использование современных композитных материалов в качестве экранов;
- рациональное использование радиочастотного ресурса (частотно-рациональное планирование);
- правильное проектирование и изготовление объектов-носителей электронной совместимости;
- оптимальное размещение электронного оборудования и антенн на объектах.

Широкое применение в различных видах экономической деятельности и обороны радиолокационных систем различного назначения (систем радиосвязи, радиолокационных систем, радионавигационных систем) приводит к увеличению использования радиоэлектронных устройств и систем, что в свою очередь сказывается на увеличении функционирования непреднамеренных помех между радиоэлектронными средствами. Кроме этого вопросы электромагнитной совместимости проявляются и в других отраслях народного хозяйства, например, в сельском. Общие закономерности минимизации помех и повышения энергетической эффективности систем представлены в работах [1-6].

Решение проблемы электромагнитной совместимости начинается еще на стадии разработки изделия. На данном этапе задача состоит в разработке продукта с минимально возможным уровнем мешающих выбросов или с наименьшей восприимчивостью к помехам [7-9].

Обеспечение электромагнитной совместимости относится к способности элементной базы работать в условиях электромагнитного воздействия на неё при сохранении соответствующего качества функционирования.

Радиопомехи не создают недопустимых радиопомех для другого электронного оборудования. В то же время электронные устройства различного назначения могут одновременно работать таким образом, что радиопомехи, возникающие при такой работе, приводят лишь к незначительному снижению качества электронных функций, выполняющих свои функции. При одновременной работе электронной аппаратуры (а также электрических устройств, излучающих электромагнитные волны) помехи при приеме радиосигналов неизбежны. Интенсивность помех определяется количеством активных излучателей, их мощностью, расположением в пространстве, формой диаграммы направленности антенны, условиями распространения радиоволн. Обеспечение электромагнитной совместимости сводится к созданию условий для нормальной совместной работы всего многообразия радиоэлектронной аппаратуры.

Мероприятия по обеспечению электромагнитной совместимости подразделяются на организационные и технические.

К организационным относятся: использование пространственного разделения (дистанционирования) электронных средств - одновременное использование одной и той же полосы частот в разных регионах мира, если это не угрожает взаимными помехами; временное разделение, работа попеременно электронных средств и систем на одной и той же несущей частоте по определенной программе во времени: частотное разделение - одновременная работа на разных несущих частотах.

К техническим относятся: создание и передача электрических устройств, усовершенствованных в плане уменьшения мешающего излучения; разработка радиоприемников с меньшей чувствительностью к таким излучениям.

Электромагнитные помехи классифицируются: по источнику их возникновения, среде распространения, характеру воздействия на технические средства [8].

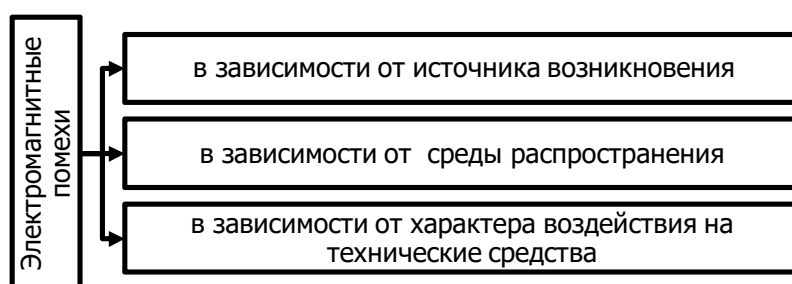


Рисунок 1 – Классификация электронных помех в зависимости от природы

На рисунке 2 представлена категоризация типов помехов, способов их распространения, подавления, а также характер воздействия.

В последнее время, в связи с широким распространением преобразовательных устройств и увеличением их мощностей, вопрос обеспечения электромагнитной совместимости потребителей, работающих в единой сети, стал достаточно острым [7, 9].

Электромагнитная совместимость подразумевает отсутствие негативного воздействия на других потребителей и, как следствие, нарушение их нормального функционирования. В энергетическом секторе это больше относится к электромагнитным помехам, распространяемым в проводах сети. Хотя применение импульсных методов управления на достаточно высоких частотах, характеризующихся слишком широким спектром, делает актуальным вопрос устранения радиопомех и их влияния.

Обеспечение электромагнитной совместимости возможно с помощью следующих решений:

1. Применение выпрямительных цепей с повышенным числом пульсаций выпрямленного напряжения (многофазных цепей). Это приводит к увеличению частоты гармоник входного тока и соответствующему уменьшению их амплитуды. Это связано с использованием многофазных трансформаторов с несколькими наборами обмоток.

2. Применение специальных входных трансформаторов с переключением обмоток отводов более высокого или более низкого напряжения, то есть сочетание амплитудного и фазового регулирования.

Дифференциальная помеха		Синфазная помеха			Тип помехи
Линейный		Связанный			Способ распространения
Конденсаторы, проходные дроссели	Конденсаторы, дроссели со встречной намоткой	Схемотехническая организация заземления	Экранирование		Способ подавления
Напряжение			Напряжённость электромагнитного поля		Характер воздействия
10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц	100 МГц	

Рисунок 2 – Типы помех и их характеристики

3. Применение специальных схем преобразователей с улучшенными энергетическими характеристиками, в частности несимметричных выпрямительных схем, выпрямителей с активным входом для генерации тока.

4. Отдельный источник питания для датчиков и других приемников.

5. Использование LC входных фильтров, настроенных на доминирующие гармоники и специальных устройств компенсации реактивной мощности в сочетании с фильтрами высших гармоник.

6. Использование активных фильтров тока компенсирует отклонения тока от синусоидальной формы.

На рисунке 3 представлены схемотехнические решения минимизации помех. В первом случае рассматривается применение дросселя со встречной намоткой, во втором проходного дросселя, внешний вид и техническое исполнение данных решений представлено на рисунке 4.

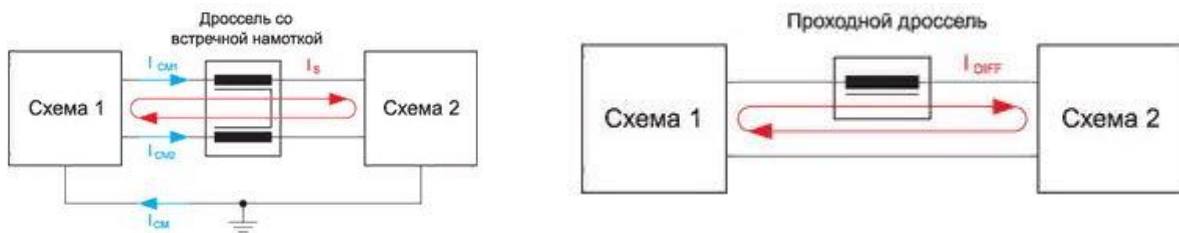


Рисунок 3 – Схемотехнические решения минимизации помех



Рисунок 4 – Дроссель минимизации индуктивного влияния со встречной намоткой

В результате проведенного исследования установлено:

- наиболее перспективным решением гальванических развязок является использование гальванически изолированных источников питания;
- минимизировать влияния индуктивных и емкостных помех возможно за счёт использования RL-RC фильтров;
- эффективным схемотехническим решением минимизации помех и повышения электромагнитной совместимости является применение дросселей встречной и проходной намотки.

Также в ходе работы изучены эффективные инженерные методы обеспечения электромагнитной совместимости, приобретены навыки выявления факторов, влияющих на электромагнитную совместимость, выполнена авторская классификация категоризирующая типы помех и их характеристики.

### Список использованных источников.

1. Месхи, Б.Ч. Создание математической модели для оценки энергоёмкости процесса обеззараживания стоков животноводства / Б.Ч. Месхи, Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Б.Г. Шаповал // Вестник Донского государственного технического университета. – 2017. – № 4 (91). – С. 129-135.
2. Лимаренко, Н.В. Влияние температуры на параметры работы индуктора, используемого при обеззараживании материалов / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – № 1 (349). – С. 88-91.
3. Успенский, И.А. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И.А. Успенский, И.А. Юхин, Г.А. Борисов, Н.В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 3 (55). – С. 360-369.
4. Лимаренко, Н.В. Математическое моделирование магнитных характеристик индуктора для обеззараживания стоков сельского хозяйства / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Б.Ш. Шаповал // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. трудов 9-й междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2016. – С. 269-273.
5. Лимаренко, Н.В. Экспериментальное исследование влияния массы рабочих тел на параметры, характеризующие качество функционирования индуктора / Н.В. Лимаренко, В.П. Жаров, Ю.В. Панов, Б.Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т.16, № 2. – с. 90-96.
6. Лимаренко, Н.В. Исследование влияния заполненности рабочей зоны рабочими телами на качество функционирования индуктора / Н.В. Лимаренко, А.П. Длинный, Г.М. Скрипка, П.В. Токарев // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. трудов 10-й междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2017. – С. 622-626.
7. Горбунов, А.С. Использование комплекса электромагнитного анализа корпусированных изделий для оценки электромагнитной совместимости электронных устройств / А.С. Горбунов, Д.М. Зиновьев, Н.Г. Востоков, А.С. Горбунов // Вопросы радиоэлектроники. – 2018. – № 12. – С. 29-35.
8. Железняк, В.К. Системный подход: защита информации, помехозащищенность, помехоустойчивость / В.К. Железняк, Д.С. Рябенко, С.В. Лавров // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С: Фундаментальные науки. – 2016. – № 4. – С. 2-7.
9. Вознюк, В.В. Помехоустойчивость систем радиосвязи с двоичными фазоманипулированными широкополосными сигналами при воздействии ретранслированных компенсационных помех типа прямой инверсии сигнала / В.В. Вознюк, Е.В. Куценко // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. – 2018. – № 660. – С. 44-56.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР