

**УДК 537.86**

А.М. ТИТОВ, Н.В. МОИСЕЕВ, С.А. ТЕЛЛИН, студенты факультета  
радиоэлектроники и автоматики (ЧувГУ)

Научный руководитель: С.Г. ЧУМАРОВ, к.т.н., доцент (ЧувГУ)  
г. Чебоксары

**ИСПЫТАНИЕ УСТРОЙСТВ РЗА НА ПОМЕХОЭМИССИЮ,  
ИЗМЕРЕНИЕ ЭМИССИИ ПОМЕХ НА ПОРТУ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

Измерение эмиссии помех на порту электропитания устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) [1] представляет собой одну из ключевых задач в области обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) современных электрических и электронных устройств [2]. В условиях стремительного развития технологий и увеличения плотности электрических компонентов в устройствах и в среде распространения радиоволн, вопросы ЭМС становятся всё более актуальными [3]. Оптоволоконные линии связи имеют высокую помехозащищенность [4,5] и высокий уровень информационной безопасности [6], но имеют ограниченное применение в устройствах РЗА. При воздействии электромагнитных помех наблюдаются ошибки протоколов передачи данных [7] и синхронизации времени [8] устройств электроэнергетики. Цель работы является испытание и оценка на эмиссию кондуктивных радиочастотных помех порта ввода электропитания переменного тока в условиях незащищенной среды на примере шкафа РЗА.

Схема размещение испытуемого оборудования (ИО) приведена на рис. 1. Измерения проводят с помощью измерителей промышленных радиочастотных помех (ИРП) с квазипиковым детектором и детектором средних значений. Измеритель ИРП с квазипиковым детектором должен соответствовать требованиям, установленным в ГОСТ 30805.16.1.1–2013, раздел 4; измеритель ИРП с детектором средних значений – разделу 6. Ширина полосы пропускания на уровне 6 дБ измерителя промышленных радиочастотных помех с детектором средних значений должна соответствовать требованиям, установленным в ГОСТ 30805.16.1.1–2013, раздел 4. Эквивалент сети электропитания (ЭС) необходим для обеспечения конкретного значения полного сопротивления на высоких частотах в точке измерений на вилке сетевого шнура, а также для развязки ИО от помех в сети питания. Используют ЭС с номинальным полным сопротивлением 50 Ом/50 мкГн или 50 Ом/50 мкГн +5 Ом в соответствии с [9]. Вертикальная или горизонтальная пластина заземления должна выступать по крайней мере на 0,5 м за контуры ИО и иметь минимальные размеры 2 х 2 м. Зажим

«земля» эквивалента сети и ЭПСС подключают к пластине заземления с помощью проводника минимально возможной длины.

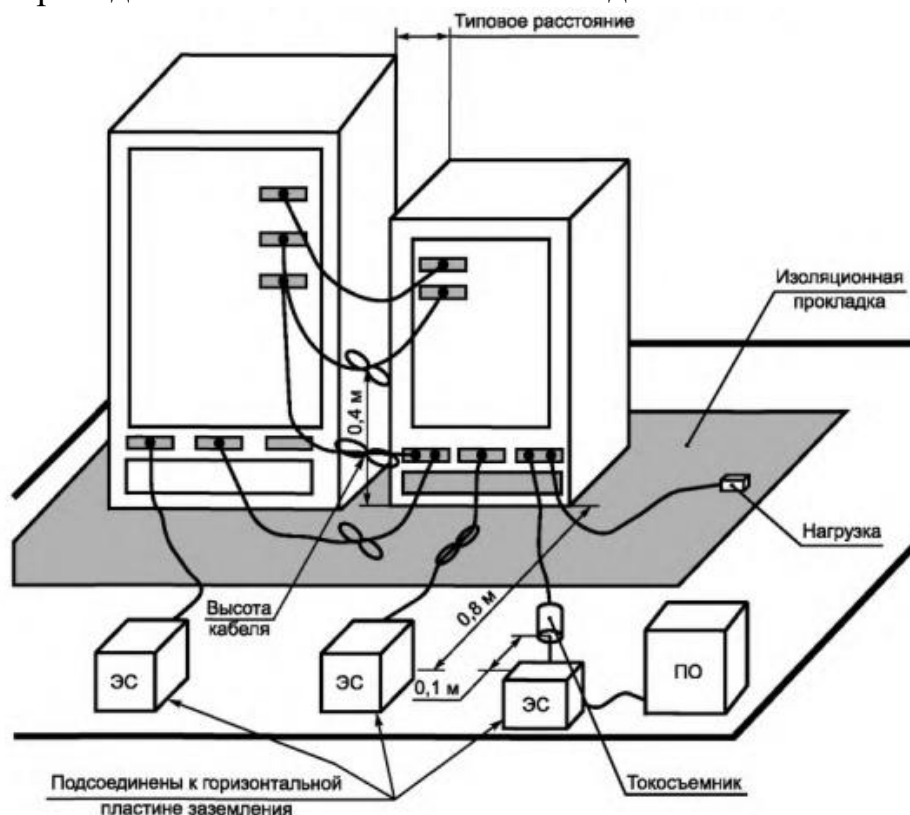


Рис. 1. Схема размещения испытываемого оборудования

При испытании в незащищённом помещении (рис. 2) ввод всех внешних соединений от вспомогательного оборудования осуществлялся сверху напольного шкафа. На рис. 2 на правой боковине шкафа можно рассмотреть два металлорукава со жгутами внешних соединений, тянущегося снизу вверх вдоль правой боковины шкафа. Общая длина жгутов составляла 20 м. Здесь же рядом располагались два экранированных кабеля связи Ethernet, которые подключались через разъемы RJ45 непосредственно к микропроцессорным терминалам A1 и A2 в составе испытываемого технологического средства (ИТС). Измерения эмиссии осуществлялось с помощью эквивалента сети, который размещался со стороны левой боковины шкафа непосредственно на листе опорного заземления. Здесь же был установлен измерительный приемник. ИТС, установленный на изолированной подставке высотой 100 мм, размещался на том же на листе опорного заземления. Выход ЭС соединялся напрямую с размещенными внутри шкафа клеммными зажимами ввода электропитания переменного тока с использованием проводников сечением  $2,5 \text{ мм}^2$  и длиной 2,5 м. Во время измерений ИТС взаимодействовало со вспомогательным оборудованием, с помощью которого устанавливался режим функционирования и осуществлялось диагностирование терминального оборудования ИТС. Испытания

проводились в помещении с включенным освещением с использованием всех потолочных светодиодных светильников.



Рис. 2. Размещение испытуемого оборудования

На рис. 3 приведены кривые максимальных значений напряжения эмиссии, измеренных с помощью приемника ESR 7 с использованием детекторов пикового (синий) и среднего напряжения (зеленый). Также видно, что максимальные уровни пикового и среднего напряжения шума заведомо ниже установленных пределов для оборудования класса А (табл. 1).

Таблица 1

Нормы напряжения ИРП на сетевых зажимах ОИТ класса А

Полоса частот, МГц	Напряжение $U_c$ , Б (мкВ)	
	Квазипиковое значение	Среднее значение
0.15 - 0.5	79	66
0.5 - 30	73	60
На граничной частоте нормой является меньшее значение напряжения ИРП		

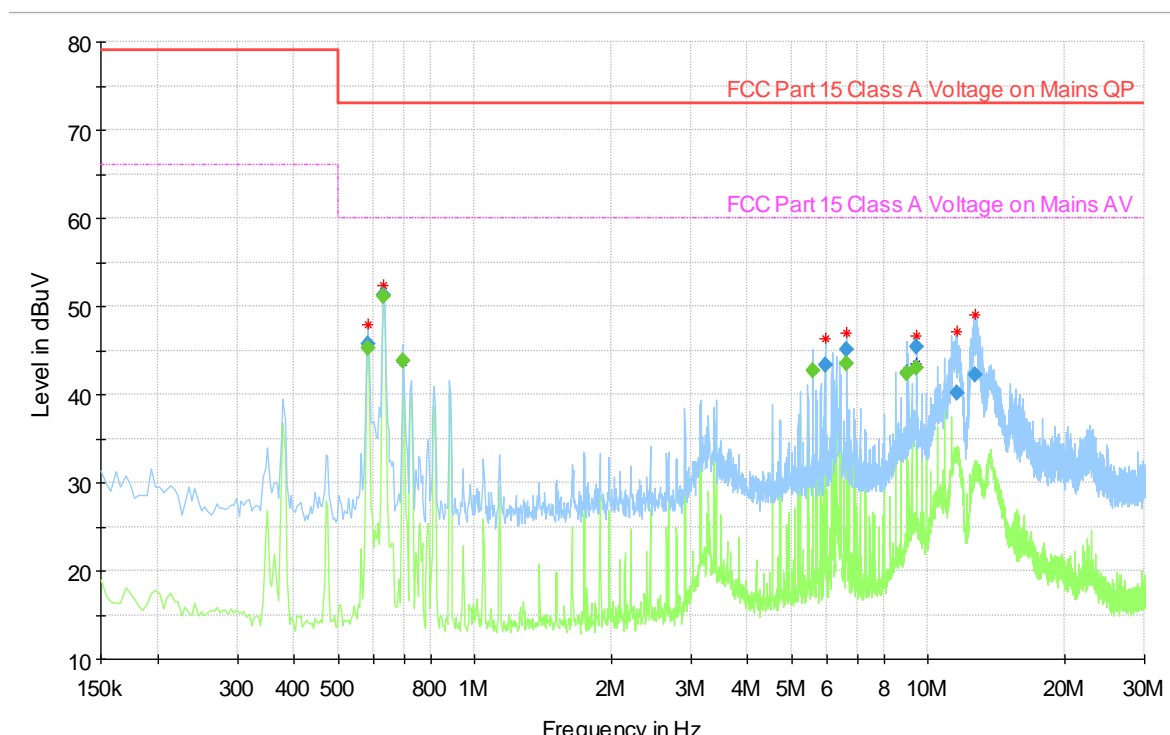


Рис. 3. Спектрограмма измерения напряжения эмиссии напряжения помех (шум) на порту ввода электропитания

Согласно результатам измерения шкафа РЗА эмиссия кондуктивных помех на портах питания шкафа РЗА ниже нормы. Минимальное значение запаса для порта электропитания составляет 21,69 дБ (квазипиковая величина) и 8,83 дБ (средняя величина). Результаты испытаний в области помехоэмиссии, проводимых на реальных объектах эксплуатации, не будут существенно отличаться от результатов лабораторных испытаний.

#### Список литературы:

1. Чумаров С.Г., Ильин В.Ф. Технология обеспечения ЭМС. Моделирование электрического поля в шкафах РЗА // Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем России: сб. докл. VII Межд. науч.-практ. конф. – Чебоксары: изд-во Чуваш. ун-та, 2023. – С.257-261.
2. Чумаров С.Г. Моделирование высокочастотных усилителей для современных радиосистем // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. III Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск: БГТУ, 2019. – С. 325-327.
3. Ďuriš V., Ivanov V.N., Chumarov S.G. Comparative analysis of methods for calculating the energy flux density used in assessing the permissible level of environmental pollution by electromagnetic radiation // TEM Journal, 2022. T. 11. № 2. – С. 920-925.

4. Фарфоровский Д.Б, Чумаров С.Г. Пропускная способность оптоволоконных линий связи // Сборник научных трудов молодых ученых и специалистов. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2018. – С.83-87.

5. Чумаров С.Г. Пропускная способность волоконно-оптических информационно-измерительных систем // САПР и моделирование в современной электронике: сб. науч. тр. II Международной научно-практической конференции – Брянск: БГТУ, 2018. – Ч.1. – С. 201-202.

6. Чумаров С.Г. Информационная безопасность сетей IP-телефонии в образовательной среде // Современный университет в цифровой образовательной среде: ориентир на опережающее развитие: материалы X Междунар. учеб.-метод. конф. – Чебоксары, 2018. – С.41-45.

7. Чумаров С.Г., Герасимов А.С. Анализ протоколов передачи данных для систем электроэнергетики // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: материалы IV Межд. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. – С. 34-37.

8. Чернов В.К., Чумаров С.Г. Применение протоколов синхронизации NTP и RTP для интеллектуальных электронных устройств в энергетике // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: мат. III Междунар. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – С. 228-231.

9. ГОСТ Р 51318.11–2006 Совместимость технических средств электромагнитная. Промышленные, научные, медицинские и бытовые (ПНМБ) высокочастотные устройства. Радиопомехи индустриальные. Нормы и методы измерений.

Информация об авторах:

Титов Александр Михайлович, студент факультета радиоэлектроники и автоматики, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, д. 15, sashita.2002@mail.ru.

Моисеев Николай Владимирович, студент факультета радиоэлектроники и автоматики, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, д. 15, akknomer444444@gmail.com.

Теллин Сергей Алексеевич, студент факультета радиоэлектроники и автоматики, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, д. 15, prosergej0@gmail.com.

Чумаров Сергей Геннадьевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой Радиотехники и радиотехнических систем, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 428015, г. Чебоксары, Московский проспект, д. 15, chumarov@chuvsu.ru.