



Авторы:

Федоров Ю.А.,

Ассоциация «ИнТЭК»,

г. Чебоксары, Россия.

к.т.н. Ильин В.Ф.,

ООО НПП «ЭКРА»,

г. Чебоксары, Россия.

Шевелев В.С.,

ООО «Релематика»,

г. Чебоксары, Россия.

Поветкин О.В.,

ООО «РОДЕ И ШВАРЦ РУС»,

г. Москва, Россия.

О ПОВТОРЯЕМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ НА ПОМЕХОЭМИССИЮ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ УСТРОЙСТВ РЗА В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

Аннотация: рассматривается применение на практике правил и методов испытаний на ЭМС и их влияние на повторяемость результатов испытаний в аккредитованных лабораториях.

Ключевые слова: вторичное оборудование станций и подстанций, электромагнитная совместимость, испытания на ЭМС, характеристики качества испытаний, аккредитованная лаборатория.



Поветкин

Олег Владимирович

Год рождения: 1967.

В 1992 г. окончил радиотехнический факультет Московского Института Электронного Машиностроения (МИЭМ). В настоящее время - Эксперт по ЭМС в ООО «РОДЕ И ШВАРЦ РУС», г. Москва.



Ильин

Владимир Федорович

Дата рождения: 09.09.1946.

Окончил в 1970 г.

Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (ЛЭТИ), кафедра «Промышленная электроника».

Кандидатскую диссертацию защитил в 1983 г.

Главный специалист ООО НПП «ЭКРА».

Введение

Испытание на электромагнитную совместимость применяемых технических средств на электростанциях и подстанциях [1-3] – обязательная процедура для обеспечения надежности и бесперебойности электроснабжения. Сертификационные испытания по государственным стандартам проводятся аккредитованными в Росаккредитации испытательными лабораториями [4]. Росаккредитации переданы функции аккредитации и контроля за испытательными лабораториями [5]. Одним из значительных результатов деятельности Росаккредитации за прошедшие 5 лет явилось признание российской системы аккредитации такими зарубежными организациями, как ILAC-

MRA, APAC. В анонсированных ранее планах Росаккредитация выделяла членство в выше-названных организациях для упрощения экспорта продукции путем снижения барьеров, обусловленных необходимостью сертификации продукции за рубежом: вероятно, это означало признание там протоколов, выданных в аккредитованных лабораториях России.

Сегодня потребители услуг аккредитованных испытательных лабораторий ЭМС часто обладают либо внутривзаводскими лабораториями ЭМС, либо комплектом оборудования для проведения испытаний продукции на этапе НИОКР и последующих приемо-сдаточных и предсертификационных испытаний. Однако проведение внутривзаводских испытаний про-

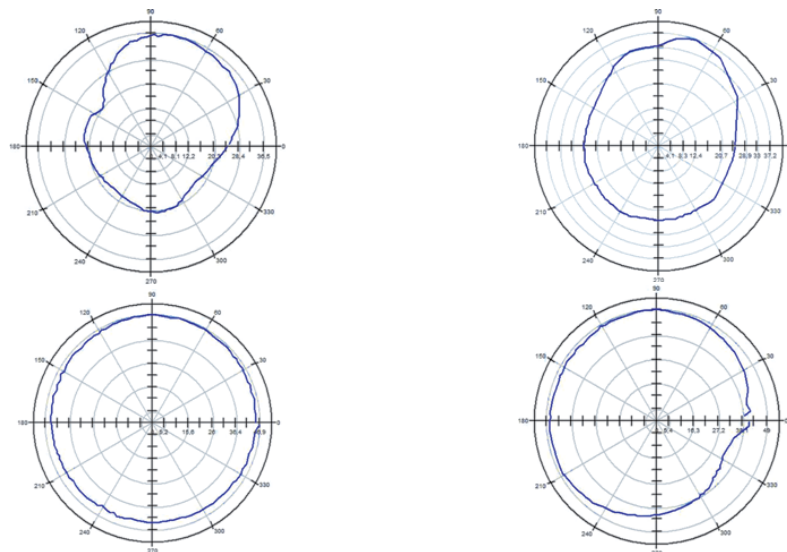


Рис. 1. Примеры зависимости уровня помехоэмиссии (дБмкВ/м) шкафа РЗА от положения по отношению к приемной антенне (рисунки приведены для различных частот при фиксированной высоте и поляризации приемной антенны)



Шевелев Владимир Сергеевич

Год рождения: 1957.
В 1980 г. окончил Ивановский энергетический институт имени В.И. Ленина по специальности «Электрические станции».
В 2014 г. получил звание «Почетный энергетик Чувашской Республики».
В 2017 г. был награжден Почетной грамотой Министерства энергетики РФ.
Технический директор ООО «Релематика».



Федоров Юрий Алексеевич

Дата рождения: 23.06.1964.
В 1986 г. окончил электротехнический факультет ЧГУ им. И.Н. Ульянова, в 1995 г. - там же аспирантуру. Заслуженный изобретатель Чувашской Республики, член РНК СИГРЭ. Заведующий испытательной лабораторией ЭМС Ассоциации «ИнТЭК» (№ RA.RU.21NB23).

дукции на ЭМС с последующим испытанием в аккредитованной испытательной лаборатории и сертификацией/декларированием на сегодня не исключает последующих «невыясненных» причин аномального поведения устройств РЗА на станциях и подстанциях в процессе эксплуатации [5]. Автор вышеуказанной статьи в докладе на конференции обращал внимание на то, что по этим случаям не разработаны и не проведены корректирующие и предупреждающие мероприятия, следовательно, они не исключены при последующей эксплуатации.

Цель статьи – показать некоторые объективные причины, которые могут привести к различным оценкам соответствия устройств РЗА при испытаниях на ЭМС как в аккредитованных, так и во внутризаводских лабораториях. Объективные причины могут быть вызваны:

- выбором программы-методики испытаний;
- особенностями испытательного оборудования конкретных ИЛ;

- запасом помехоустойчивости и помехоэмиссии испытуемого оборудования;
- выбором рецептора(ов) оценки помехоустойчивости по качеству функционирования.

Измерение радиоиндустриальных помех (ИРП) ГОСТ 30805.22-2013 (CISPR 22:2006, MOD – модифицированный)

Стандарт предписывает измерение радиопомех в режиме максимальной эмиссии. Следовательно, применительно к испытуемым техническим средствам (ИТС) предполагаются предварительные исследования. Из рисунка 1 видно, что сокращение объема измерений, например, измерение помехоэмиссии лишь в одном положении устройства РЗА относительно приемной антенны может привести к значительному занижению измеряемых величин. Кроме того, результаты измерений излучений ИРП ИТС в двух аккредитованных ИЛ могут отличаться до ±6,3 дБ стандартизованно (ГОСТ CISPR 16-4-2-2013).

Устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям по ГОСТ IEC 61000-4-3-2016 (IEC 61000-4-3:2010, IDT-идентичный)

Испытания проводятся, как правило, в безэховой камере (БЭК), где в соответствии со стандартом предусматривается плоскостная однородность. При этом в диапазоне до 1 ГГц стандартом допускается отклонение значения напряженности поля от 0 до +6 дБ (не более +10 дБ для 3% частот). Значения напряженности для 75% точек должны быть в заданных

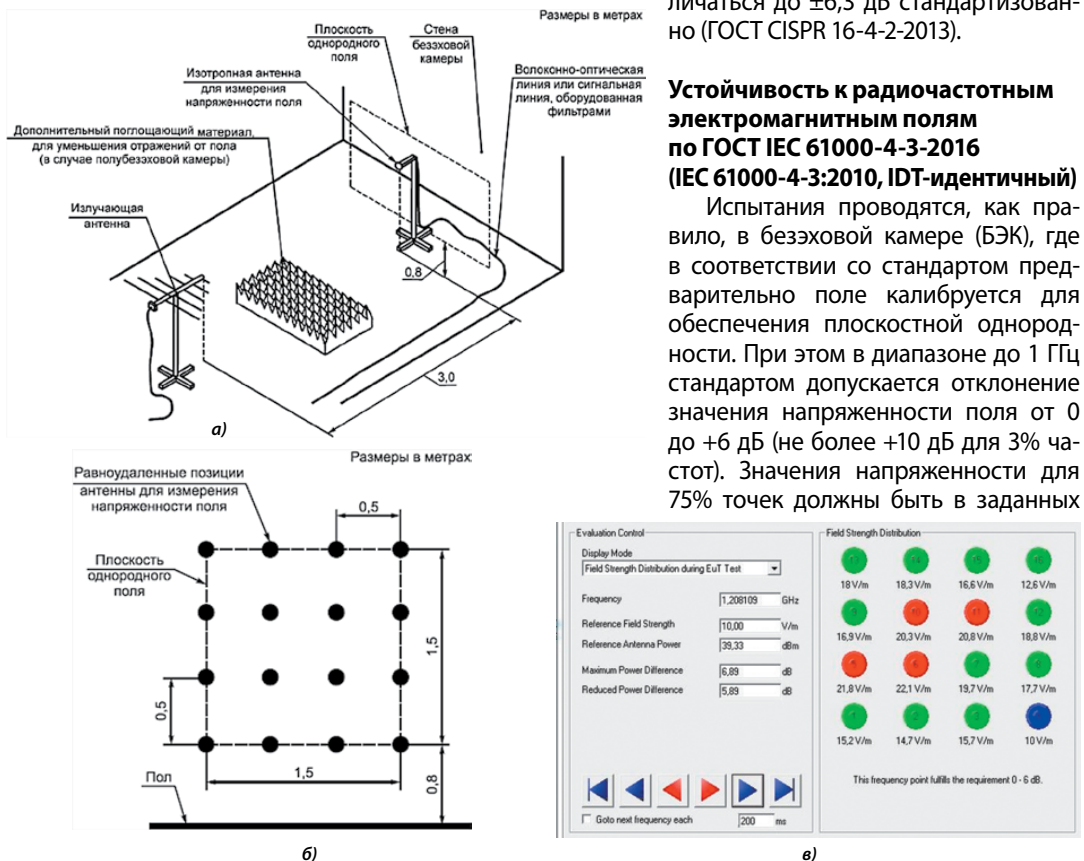


Рис. 2. Пример калибровки поля безэховой камеры в 16 точках на частоте 1,208109 ГГц. (а - калибровка поля в трехметровой БЭК, б - размеры плоскости однородного поля, в - результаты калибровки напряженности электромагнитного поля на 10В/м)

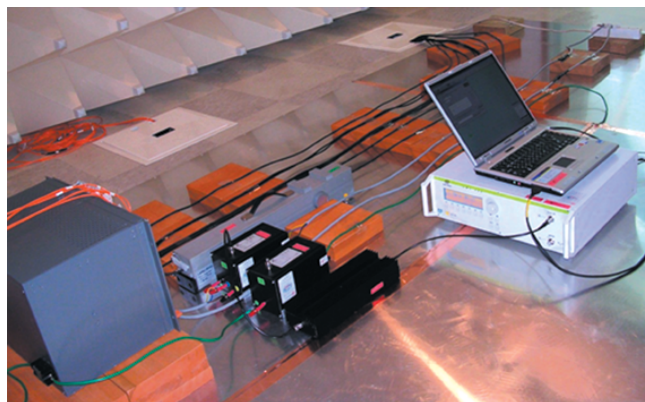
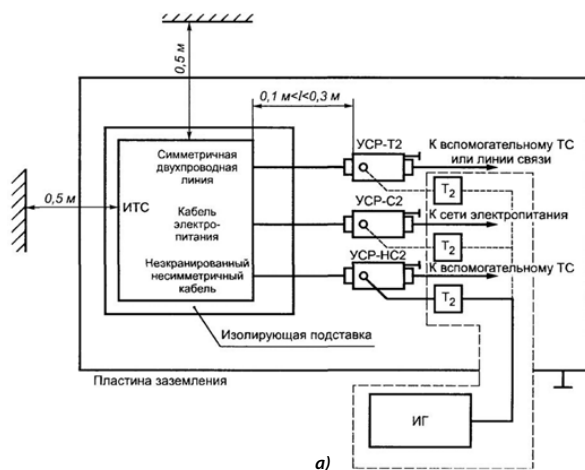


Рис. 3. Пример конфигурации испытательной установки с использованием устройств связи-развязки

пределах. В результате калибровки поля формируется файл, содержащий информацию об уровне выходного сигнала радиочастотного генератора для требуемого диапазона частот и двух поляризаций излучающей антенны: это – индивидуальная характеристика испытательного оборудования (рис. 2), которая обусловлена рядом факторов, – типом БЭК, типом и расположением антенны, радиопоглощающего материала, типом и длиной радиочастотных кабелей и др.

Потому ИТС в различных БЭК может подвергаться воздействию радиочастотных полей, отличающихся в отдельных точках в несколько раз по величине.

Устойчивость к напряжениям радиочастотных помех, наведенным в кабельных связях и линиях электропитания по ГОСТ Р 51317.4.6-99 (МЭК 61000-4-6 (1996-03), аутентичный)

Результаты испытаний во многом зависят от конфигурирования системы: применительно к испытаниям устройств РЗА – использованию соответствующих устройств связи-развязки интерфейсным портам ИТС; выполнению требований по обеспечению требуемых расстояний и др. (рис. 3).

Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока по ГОСТ Р 51317.4.17-2000 (МЭК 61000-4-17 (1999-06), аутентичный)

При испытаниях (рис. 4) без мониторинга внутреннего состояния компонентов блока питания ИТС, как правило, не выявляется несоответствие требованиям стандарта. Однако при иной программе-методике испытания, предполагающей дополнительный мониторинг внутреннего состояния, иногда обнаруживается перегрев компонентов.

Для обнаружения таких случаев в военных стандартах применяются комбинированные испытания: например, вибрационные испытания летательных аппаратов могут проводиться при различных климатических условиях; изменение температуры изменяет размеры деталей, что приводит к изменению резонансных частот и т.д. [7].

Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии по ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5 (1995-02), аутентичный)

В соответствии с требованиями к испытательной установке, изложенными в стандарте, допускаются отклонения как уровня ($\pm 10\%$), так и длительности фронта импульса помехи ($\pm 30\%$).

Поэтому, вероятно, что во внутризаводской лаборатории устойчивость устройства РЗА обеспечивалась при испытаниях для помехи с уровнем $90\% U_n$ и фронтом 1.3 мкс . Однако при этом мог быть не обеспечен должный запас устойчивости. Вполне вероятно, дальнейшие испытания в аккредитованной лаборатории на установке, генерирующей помехи уровня $110\% U_n$ и фронтом $0,7 \text{ мкс}$, могут быть неуспешными. При этом и в том и в другом случае применяется испытательное оборудование, успешно прошедшее аттестацию.

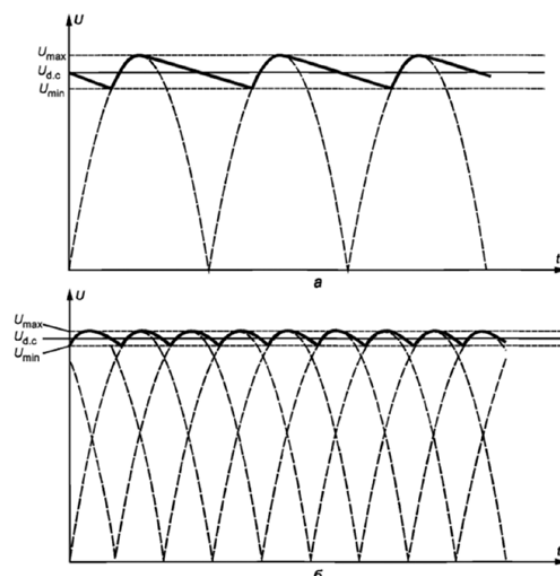


Рис. 4. Форма пульсаций напряжения

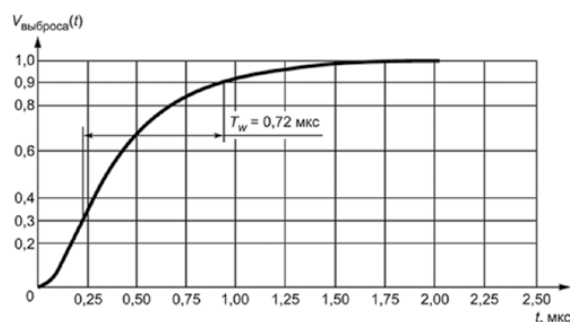
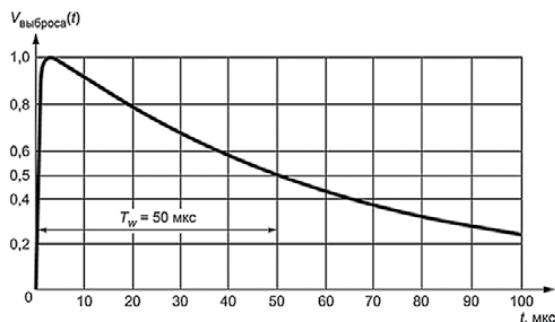


Рис. 5. Выброс напряжения (1,2/50 мкс): длительность импульса и длительность переднего фронта

Нетипичные проявления помехоустойчивости устройств РЗА

При испытаниях по ряду стандартов ЭМС, предполагающих микросекундные, наносекундные, электростатические, радиочастотные помехи, встречаются устройства РЗА, которые соответствуют критериям качества при предельной степени жесткости испытаний и не соответствуют при более низкой степени жесткости (рис. 5). Эти проявления, на первый взгляд невероятные, хорошо знакомы испытателям ЭМС. Вероятно, они обусловлены нелинейностями цепей ИТС. Поэтому, если программа-методика заказчика испытательной лаборатории предусматривает испытания лишь на предельных уровнях помех, то неустойчивость на более низких уровнях может быть не обнаружена.

Вновь вводимые стандарты, например ГОСТ ИЕС 61000-4-5-2017 (ИЕС 61000-4-3:2014, IDT-идентичный) в п. 5, требуют «при испытаниях применять все испытательные уровни от минимального до и включая установленный испытательный уровень». Это значительно увеличивает объем работ и повышает достоверность результатов испытаний. Это мотивирует продвижение в направлении автоматизации испытаний как в части генерации и подачи помех, так и оценки качества функционирования ИТС.

Выводы

1. Результаты испытаний на ЭМС в различных лабораториях могут существенно отличаться вследствие:

- выбора определенной программы-методики испытаний;
- особенностей испытательного оборудования конкретных ИЛ;
- компетенции и квалификации работников ИЛ.

11. Результаты испытаний приведены по ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95).

| Схема испытания | Параметры электромагнитного воздействия | Критерий качества функционирования изделия - А. |
|-----------------|---|---|
| L1-L2 | ±1кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Не соответствует |
| L1-L3 | ±1кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Не соответствует |
| L2-L3 | ±2кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Соответствует |
| L1-L2 | ±2кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Соответствует |
| L1-L3 | ±2кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Соответствует |
| L2-L3 | ±4кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Соответствует |
| L1-PE | ±4кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Соответствует |
| L2-PE | ±4кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Соответствует |
| L3-PE | ±4кВ, (0°/90°/180°/270°), 5 импульсов, интервал-1мси, время нарастания ¹ (длительность импульса) в режиме хх 1,2/50мкс | Соответствует |

Рис. 6. Пример фрагмента протокола с нетипичным проявлением помехоустойчивости

2. Для успешного прохождения испытаний в различных аккредитованных лабораториях устройства РЗА должны обладать запасом помехоустойчивости и помехоэмиссии.

3. По мнению авторов статьи, при лабораторных ЭМС испытаниях устройств РЗА для цифровых подстанций чрезвычайно актуален выбор рецептора(ов) оценки помехоустойчивости по качеству функционирования в части ИЕС 61850, что должно быть отражено в программах-методиках при выборе конфигурации испытательной установки, включающей вспомогательное имитационное оборудование.

4. Необходимы дополнительные исследования с последующим выпуском отраслевого стандарта испытаний на ЭМС вторичного оборудования станций и подстанций. Отраслевой стандарт позволит формировать типовые программы-методики испытаний с необходимым объемом испытаний, которые позволят снизить вероятность аномального функционирования на объекте прошедших ЭМС испытания ИТС [8]. Кроме того, уравнивает трудоемкость испытаний для различных ИЛ, что положительно отразится на оздоровлении конкуренции между ИЛ и приведет к повышению повторяемости результатов испытаний.

Литература:

1. ГОСТ Р 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5:2001). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.
2. ГОСТ ИЕС 61000.6.5-2017 (ИЕС 61000-6-5:2015, IDT). Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-5. Общие стандарты. Помехоустойчивость оборудования, используемого в обстановке электростанции и подстанции.
3. Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства. СТО 56947007-29.240.044-2010.
4. Постановление Госстандарта РФ от 10.05.2000 № 26 «Об утверждении Правил по проведению сертификации в Российской Федерации» (зарегистрировано в Минюсте РФ 27.06.2000, рег. № 2284).
5. Федеральный закон от 28.12.2013 № 412-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 29.10.2018).
6. Кузьмичев В.А. и др. Ретроспективный анализ работы устройств РЗА в ЕНЭС // Релейная защита и автоматизация. 2015, № 1. С. 32-37.
7. Кечиев Л.Н., Балюк Н.В. Зарубежные военные стандарты в области ЭМС. – М.: Грифон, 2014. – 448 с.
8. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. – М.: Издательский Дом «Технологии».– 2003. – 540 с. [8]