

В.М.КУПРИЕНКО, канд.техн.наук;
Р.М.ОСТАФИЙЧУК, канд.техн.наук;
Научно-исследовательский центр 26 ЦНИИ МО РФ

О ПРИМЕНЕНИИ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ «УСТОЙЧИВОСТЬ», «СТОЙКОСТЬ» И «ПРОЧНОСТЬ» В ОБЛАСТИ ЭМС ТС

У статті робиться спроба встановити зв'язок із установленими стандартами по електромагнітній сумісності між поняттями «стійкість до електромагнітних перешкод» і «випробування на стійкість до електромагнітних перешкод» із застосовуваними в ряді стандартів і робіт поняттями «стійкість до електромагнітних перешкод» і «випробування на стійкість до електромагнітних перешкод».

In this article an attempt is made to find the relationship with accepted in standards on electromagnetic compatibility, conceptions of «resistance to electromagnetic disturbances» and «test on resistance to electromagnetic disturbances» with used, in a number of standards and works, conceptions of «immunity to electromagnetic disturbances» and «test on stability to electromagnetic disturbances».

Радикальные изменения мировой и региональной технической политики в области обеспечения электромагнитной совместимости технических средств, последовавшие после принятия Директивы Совета Европейских Сообществ №89 / 336 / ЕЕС от 3 мая 1989 года, потребовали введения целого ряда новых основных понятий и терминов [1, 2, 3] и уточнения условий их применения.

Для качественной характеристики отношения технических средств (ТС) к электромагнитным помехам стандартом ГОСТ Р 50397-92 [2] установлено одно понятие «устойчивость (помехоустойчивость)», под которой понимается «способность технического средства сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него внешних помех с регламентированными значениями параметров в отсутствие дополнительных средств защиты от помех, не относящихся к принципу действия или построения ТС». Для количественной оценки устойчивости международным стандартом МЭК 50-161-90 [3] установлено понятие «уровень устойчивости (уровень помехоустойчивости)», под которым понимается «максимальный уровень электромагнитной помехи конкретного вида, воздействующей на определенное ТС, при котором ТС сохраняет заданное качество функционирования».

В соответствии с ГОСТ Р 51317.2.5 [4] результаты испытания технических средств (ТС) на воздействие электромагнитных помех должны быть классифицированы. Основой для этого служат четыре указанных в таблице

критерия оценки качества функционирования.

Наряду с указанными в ряде стандартов [5, 6] и широко известных работ по ЭМС ТС, опубликованных как до [7, 8, 9, 10], так и после [11] введения стандартов [2, 3], применяются и другие понятия и термины.

Критерии оценки качества функционирования ТС при испытаниях на устойчивость к воздействию электромагнитных помех по ГОСТ Р 51317.2.5-2000

Критерии качества функционирования	Признаки
А	Нормальное функционирование в соответствии с установленными требованиями.
В	Временное ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции с последующим восстановлением нормального функционирования, осуществляемым без вмешательства оператора.
С	Временное ухудшение качества функционирования или прекращение установленной функции, которые требуют вмешательства оператора или перезапуска системы.
Д	Ухудшение качества функционирования или прекращение выполнения установленной функции, которые не подлежат восстановлению оператором из-за повреждения оборудования (компонентов), нарушения программного обеспечения или потери данных.

В частности, для качественной характеристики отношения ТС к электромагнитным помехам применяется понятие «стойкость», а для количественной оценки такие характеристики, как уровень электрической прочности, величина энергии разрушения.

В межгосударственных стандартах ГОСТ 30585-98 [5], ГОСТ 30586-98 [6] и работах [7, 9] применяются оба термина. Определение термина «устойчивость» к помехам соответствует принятому в современной терминологии по ЭМС ТС. Для понятия «стойкость» приводится следующее определение: «стойкость ТС к электромагнитным воздействиям грозовых разрядов (грозостойкость) – способность ТС противостоять поражающему воздействию больших токов, высоких напряжений (перенапряжений) и электромагнитных полей грозовых разрядов до определенного их уровня». Однако связь данного определения с терминологией по ЭМС ТС отсутствует.

Э. Хабигер в монографии [10] дает близкое по смыслу к ГОСТ 30586-98, но более общее определение различия между понятиями «помехоустойчивость» и «стойкость» ТС к воздействию электромагнитных помех: «стойкость к повреждению означает способность противостоять воздействиям,

вызывающим необратимые нарушения функционирования, а помехоустойчивость – воздействиям, вызывающим обратимые нарушения».

Авторы широко известной монографии [8] по стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям оказались в затруднении при попытке дать определение понятия «стойкость к электромагнитным излучениям» и предложили распространить на это понятие определения «радиационная стойкость» по ГОСТ 18298-79 [11].

В этой связи представляются закономерными следующие вопросы:

- какова взаимосвязь приводимой в ГОСТ 30586 и в [4] характеристики «стойкость к электромагнитным помехам» с установленными в стандартах по ЭМС ТС определениями характеристики «устойчивость к электромагнитным помехам»;
- как должны быть организованы испытания ТС «на стойкость к электромагнитным помехам».

Ниже делается попытка дать на них ответы.

Уровни помехоустойчивости, соответствующие различным критериям качества функционирования, могут быть установлены путем проведения исследовательских испытаний при воздействии внешней помехи регламентированного вида. В общем случае при постепенном увеличении уровня помехи будут определены уровни помех, при которых качество функционирования будет оцениваться сначала критерием «А», затем - критерием «В» и, наконец, - критерием «С». Очевидно, что для каждого из этих трех критериев будет существовать область устойчивости, характеризующаяся минимальным и максимальным уровнями электромагнитной помехи регламентированного вида, в пределах которых ТС будет функционировать с соответствующим качеством:

- по критерию «А»: минимальный $A_{мин}$ и максимальный $A_{макс}$ уровни устойчивости;
- по критерию «В»: минимальный $B_{мин}$ и максимальный $B_{макс}$ уровни устойчивости;
- по критерию «С»: минимальный $C_{мин}$ и максимальный $C_{макс}$ уровни устойчивости.

При уровнях помехи не больших тех, при которых качество функционирования оценивается критерием «С», ТС будет оставаться принципиально устойчивым, так как нарушения функционирования во всех случаях будут носить обратимый характер.

Однако практическое определение максимального уровня помехоустойчивости по критерию «С» неизбежно сопряжено с проведением испытаний с уровнями помехи, при которых наступают необратимые нарушения функционирования ТС. В этих случаях результат испытания оценивается по критерию «D»:

$$D_{мин} \geq C_{макс}.$$

Уровень помехи	Область неустойчивости по критерию D (нарушение функционирования необратимое)
	D_{min}
	C_{max}
	Область устойчивости по критерию C (нарушение функционирования обратимое)
	C_{min}
	B_{max}
	Область устойчивости по критерию B (нарушение функционирования обратимое)
	B_{min}
	A_{max}
	Область устойчивости по критерию A (нарушение функционирования отсутствует)
	$A_{min} = 0$
0	Независимая переменная (например, частота)

Оценка качества функционирования технических средств при испытаниях на устойчивость к воздействию электромагнитных помех

Испытания на помехоустойчивость при решении задач обеспечения ЭМС предназначены для проверки качества функционирования ТС при воздействии электромагнитных помех, то есть являются частным видом испытаний качества продукции. Их определения и смысл должны быть согласованы с определениями основополагающего стандарта ГОСТ 16504-81 [12], термины и определения которого обязательны к применению в документации всех видов, в том числе, и в стандартах по ЭМС ТС.

При проведении испытаний ТС на устойчивость к помехам оценивается, как отмечено выше, результат воздействия. Следовательно, термины и определения, применяемые при этом, должны быть согласованы с терминами и определениями по ГОСТ 16504-81 для группы видов испытаний по отличительному признаку «результат воздействия». К их числу отнесены следующие пять видов:

- неразрушающие испытания (определение – п. 71);
- разрушающие испытания (определение – п. 72);
- испытания на стойкость (определение отсутствует);
- испытания на прочность (определение – п. 73);
- испытания на устойчивость (определение – п. 74).

Испытания на устойчивость к электромагнитным помехам при уровнях,

в пределах которых качество функционирования ТС оценивается критериями «А», «В» и «С», соответствуют виду испытаний «на устойчивость» по ГОСТ 16504-81. Такой вывод следует из определения (п.74), в соответствии с которым «испытания на устойчивость проводятся для контроля способности изделия выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах установленных норм во время воздействия на него определенных факторов». Можно добавить также, что испытания на помехоустойчивость одновременно являются «неразрушающими» испытаниями по ГОСТ 16504-81. При этом качественной характеристикой свойства ТС выдерживать воздействие помех без необратимых нарушений качества функционирования в полном соответствии с ГОСТ Р 50397-92 остается устойчивость.

Количественной характеристикой свойства ТС сохранять заданное качество функционирования при воздействии помехи с регламентируемыми значениями параметров является уровень устойчивости. При этом, как отмечено выше, одно и то же ТС в общем случае может иметь три области устойчивости к помехам, соответствующие трем критериям качества функционирования.

При попытке квалифицировать на основе ГОСТ 16504-81 испытания ТС с целью определения уровней помех, при которых наступают необратимые нарушения качества функционирования, возникают трудности.

С одной стороны, исследовательские испытания, проводимые с целью определения уровней помех, при воздействии которых качество функционирования оценивается критерием «D» по ГОСТ Р 51317.2.5 и сопровождается необратимыми нарушениями, приближается по определению к виду «разрушающих» испытаний «на прочность» по ГОСТ 16504-81. В первую очередь это относится к тем видам испытаний на помехоустойчивость, в которых используются испытательные воздействия подобные тем, которые используются для испытания изоляции (микросекундные импульсные помехи большой энергии, колебательные затухающие помехи и тому подобное).

С другой стороны, условия проведения испытаний «на помехоустойчивость» и «на электрическую прочность» в соответствии с ГОСТ 29280-92 [13] принципиально различны, а именно:

- при испытаниях на устойчивость ко всем видам электромагнитных помех испытуемое ТС всегда получает питание от электрической сети и нормально функционирует;
- испытания изоляции на прочность проводят в целях обеспечения защиты людей, животных или оборудования от повреждений, которые могут быть вызваны высокими напряжениями, возникающими в результате пробоями изоляции; эти испытания всегда проводят с ТС, отключенными от сети.

Следует также отметить, что в общем случае физические процессы, приводящие к необратимым нарушениям качества функционирования при

воздействии помех, не имеют ничего общего с процессами пробоя изоляции (например, потеря памяти в программно-вычислительных комплексах).

Таким образом, квалифицировать испытания на воздействие помех с уровнями, приводящими к необратимым нарушениям, как испытания «на прочность» по ГОСТ 16504-81, неправомерно.

В ГОСТ 16504-81 в числе видов испытаний по признаку «результат воздействия» имеется еще один вид - «испытания на стойкость». Однако по каким-то причинам его определение в основной части стандарта отсутствует.

Учитывая приведенные выше соображения, представляется логичным определить [16, 17]:

– «стойкость к электромагнитным помехам» как способность ТС при воздействии электромагнитных помех регламентированного вида не допускать качества функционирования по критерию «D» по ГОСТ Р 51317.2.5-2000 (т.е. не допускать возникновения необратимых нарушений) и сохранять качество функционирования по критерию «С»; другими словами «стойкость к электромагнитным помехам» является «предельной устойчивостью к электромагнитным помехам»;

– испытания «на стойкость к электромагнитным помехам» как исследовательские испытания, проводимые с целью установления уровней помех регламентированного вида, при которых наступают необратимые нарушения качества функционирования по критерию «D»;

– «уровень стойкости к помехе» как максимальную величину помехи регламентированного вида S_{\max} , при воздействии которой ТС сохраняет качество функционирования по критерию «С»; в отличие от «уровней устойчивости» эта характеристика ТС является однозначной (в пределах статистического разброса результатов испытаний).

При проведении испытаний «на стойкость», как и при всех испытаниях «на устойчивость» к электромагнитным помехам, испытываемое ТС питается от электрической сети и нормально функционирует. Отметим, что такие условия комплексных испытаний «на стойкость при воздействии электромагнитных помех» на радиоэлектронную аппаратуру были приняты и ранее в работе [7, с. 219] до появления стандарта ГОСТ 29280-92. Такие испытания предполагали измерение контролируемых параметров РЭС как *во время*, так и *после воздействия* помехи. Единственное изменение, связанное с введением стандарта ГОСТ Р 51317.2.5 состоит в установлении понятия «устойчивость к помехе» и указанных выше критериев оценки качества функционирования, идентификация, которых, естественно, предполагает контроль параметров функционирования как *во время*, так и *после воздействия* помехи.

Таким образом, обеспечение уровня стойкости гарантирует лишь отсутствие необратимых нарушений функционирования ТС, но не гарантирует требуемого качества функционирования. Для ТС, которые должны функционировать при воздействии регламентированной помехи по критериям «А»

или «В», ориентация на уровень стойкости в указанном выше смысле может привести к нарушению безопасности. Например, при решении задач, рассматриваемых в [14, 15], при электромагнитном воздействии должна быть установлена связь и соотношение показателей безопасности и устойчивости по ГОСТ Р 51317.2.5, а не только стойкости. Кроме того, без знания предельных уровней помех, при которых наступают необратимые нарушения функционирования ТС, невозможно определить такие важнейшие характеристики ЭМС, как «запас помехоустойчивости» и «запас электромагнитной совместимости».

Следует также отметить, что для оценки воздействия ионизирующих излучений на аппаратуру в соответствии с ГОСТ 18298-79 [11] применяется только термин «радиационная стойкость изделия», а при оценке воздействия на диэлектрики в соответствии с ГОСТ 21515-80 [18] применяется только термин «радиационная стойкость диэлектрика». При этом указывается, что применение термина «радиационная устойчивость» является недопустимым. Указанное обстоятельство, объясняет трудности, с которыми столкнулись авторы монографии [8], применив уже в самом названии работы общий термин «стойкость» к ионизирующим и электромагнитным излучениям.

Авторы надеются, что поднятые в настоящей статье вопросы будут способствовать уточнению сущности и соотношения понятий и терминов «электромагнитная совместимость» и «электромагнитная стойкость», которые рассматривались в статье [19] применительно к радиоэлектронным средствам в отсутствие стандартов ГОСТ 29280-92 и ГОСТ Р 50397-92.

Список литературы: 1. Кармашев В.С. Электромагнитная совместимость технических средств: Справочник. – М.: Изд-во «НОРТ», 2001. – 401 с. 2. ГОСТ Р 50397-92 / ГОСТ 30372-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. 3. МЭК 50-161-90. Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость. 4. 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. 5. ГОСТ 30585-98. Совместимость технических средств электромагнитная. Стойкость к воздействию грозовых разрядов. Технические требования и методы испытаний. 6. ГОСТ 30586-98. Межгосударственный стандарт. Совместимость технических средств электромагнитная. Стойкость к воздействию грозовых разрядов. Методы защиты. 7. Кравченко В.И., Болотов Е.А., Летунова Н.И. Радиоэлектронные средства и мощных электромагнитных помехи / Под ред. В.И. Кравченко. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с. 8. Мырова Л.О., Чепиженко А.З. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радио и связь, 1988. – 296 с. 9. Кравченко В.И. Грозозащита радиоэлектронных средств: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с. 10. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. / Пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 304 с. 11. ГОСТ 18298-79. Стойкость аппаратуры, комплектующих элементов и материалов радиационная. Термины и определения. 12. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. 13. ГОСТ 29280-92 (МЭК 1000-4-92). Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Общие положения. 14. ГОСТ Р 50746-95. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства для атомных станций. Технические требования и ме-

тоды испытаний. **15.** *Комягин С.И.* Связь и соотношение показателей стойкости и безопасности оружия при электромагнитном воздействии // Сб. докладов Восьмой научно-технической конференции по электромагнитной совместимости и электромагнитной безопасности ЭМС-2004, 22-24 сентября 2004, Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2004. – С.521-526. **16.** ГОСТ 21515-80. Материалы диэлектрические. Термины и определения. **17.** *Куприенко В.М., Мельников В.А., Остафийчук Н.А., Остафийчук Р.М.* О применении терминов «устойчивость» и «стойкость» к электромагнитным помехам // 6-ой Международный симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии, 21-24 июня 2005, Санкт-Петербург: Материалы симпозиума. – Санкт-Петербург, СПбЭТУ (ЛЭТИ), 2005. – С.252-255. **18.** *Куприенко В.М., Остафийчук Р.М.* Критерии и условия проведения испытаний на устойчивость, стойкость и прочность при воздействии электромагнитных помех // Сб. докладов Девятой Российской научно-техн. конф. по электромагнитной совместимости и безопасности ЭМС-2006, 21-23 сентября 2006г., Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, ВИТУ, 2006. – С.396-399. **19.** *Кравченко В.И.* О сущности и соотношении понятий и терминов «электромагнитная совместимость» и «электромагнитная стойкость» радиоэлектронных средств // Вопросы обеспечения стойкости радиоэлектронных средств к воздействию излучений естественного и искусственного происхождения. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции, Харьков, 14-16 мая 1991 г. Часть 2. – М.: НТЦ «Информтехника». – С.5-7.

Надійшла до редколегії 25.06.2007.

УДК 681.51: 537.528

Л.М.МИРОШНИЧЕНКО, канд.техн.наук; **Л.Є.ОВЧИННИКОВА**,
канд.техн.наук; **А.М.ГОЛОБОРОДЬКО**, канд.техн.наук;
С.С.КОЗИРЄВ; Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ І ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА БАЗІ ТЕСЛІВСЬКИХ КІЛ

Проведено аналіз факторів, що впливають на стан електричної ізоляції електротехнічних об'єктів; розроблено архітектуру системи діагностики залишкового та якості електричної ізоляції промислових об'єктів на базі теслівських кіл.

The architecture and algorithm of diagnostic system were developed. System analyzes remaining life and quality of electric isolation of industrial electrotechnical installations. Diagnostic system is based on Tesla's circuits.

Вступ. Активізація робіт з дослідження стану технічних та експлуатаційних ресурсів держави, розробка заходів по їх покращанню, створення і впровадження відповідних попереджувальних заходів неруйнівного контролю та діагностики технічних об'єктів обумовлене загальним станом технічних ресурсів, електрообладнання та електромереж в Україні. За оцінками