

использование композитов, в состав которых входит порошкообразный диоксид титана. При этом может использоваться один из следующих способов.

Способ 1. Нанесение на корпуса РЭА находящейся в жидкой фазе смеси кремнийорганического полимера и порошкообразного диоксида титана. Смешивание указанных компонентов при этом необходимо реализовывать с помощью промышленного миксера. Толщина наносимого слоя смеси будет определяться требованиями к диапазону частот ЭМИ, в котором необходимо обеспечить наибольшее снижение напряженности переотражаемого ЭМИ (т. е. наименьшее значение коэффициента отражения ЭМИ структуры «металлизированная поверхность–композит»). Минимальная величина коэффициента отражения будет соответствовать частоте, на которой значение длины электромагнитной волны в 4 раза превышает толщину слоя композита (т. е. структура «металлизированная поверхность–композит» будет четвертьволновой).

Способ 2. Закрепление на стенках корпусов

РЭА фрагментов композита с помощью термостойкого клея.

Литература

1. Самоквасова, Ю.Н. Методика выбора конструкционных материалов для задач экранирования электронных средств / Ю.Н. Самоквасова, М.А. Ромашенко // Вестник воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8, № 5. – С. 48–50.
2. Радиоэкранирующие модульные конструкции на основе порошкообразных материалов / под ред. Л.М. Лынькова. – Минск: Бестпринт, 2013. – 184 с.
3. Акбашев, Б.Б. Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий / Б.Б. Акбашев, Н.В. Балюк, Л.Н. Кечиев. – М.: Грифон, 2014. – 472 с.
4. Электродинамические свойства диспер-гированных гексаферритовых наполнителей и радиопоглощающих покрытий / С.В. Серебрянников [и др.] // Электричество. – 2013. – № 5. – С. 37–40.

УДК 621.315.4/.61

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИГЛОПРОБИВНОГО МАТЕРИАЛА

Абудади Х.Д.А., Прудник А.М., Лыньков Л.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Целью работы является разработка экранов электромагнитного излучения на основе иглопробивного материала для повышения электромагнитной безопасности человека и среды его обитания, решения вопросов защиты информации и электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

Для решения поставленной задачи были подготовлены две группы экспериментальных образцов экранов электромагнитного излучения на основе иглопробивного материала. Первая группа имела покрытие из клея на основе бутадienstирольного каучука с порошкообразным титаномагнетитом, а вторая группа имела покрытие из огнезащитного состава с порошкообразным титаномагнетитом.

Толщина образцов в обеих группах была по 4,3 мм, а содержание порошкообразного материала составляло 30 и 50%, соответственно.

Измерения механических характеристик образцов экранов электромагнитного излучения проводили в соответствии с [1]. Для испытания использовались разрывные машины с относительной погрешностью измерения силы $\pm 1\%$.

Образцы закрепляли в зажимах разрывной

машины, не касаясь его испытуемой части, с силой натяжения не более 0,3 Н так, чтобы он не скользил во время испытания и чтобы прилагаемая сила имела направление, параллельное его краям. Испытания проводили в машинном и поперечном направлениях. Результаты испытаний образцов, разорвавшихся у кромок зажимов, или сдвинувшихся при испытании не учитывали.

Разрушающее усилие F определяли средним арифметическим значением результатов десяти измерений в машинном и поперечном направлениях. Разрушающее усилие округляли с точностью до 0,1 Н при значении до 50 Н, до 1 Н при значениях 50...500 Н, 5 Н при значениях 500...1000 Н, 10 Н при значениях свыше 1000 Н. Относительная погрешность определения разрушающего усилия при растяжении не превысила $\pm 4\%$ при доверительной вероятности 0,95.

Удельное сопротивление разрыву $F_{уд}$, кН/м, вычисляли по формуле $F_{уд} = F/b$, где F – разрушающее усилие, Н; b – ширина образца, мм.

Индекс прочности при растяжении I_f , Н·м/г, вычисляли по формуле $I_f = (F_{уд} / m_a) 10^3$, где F – удельное сопротивление разрыву, кН/м; m_a – масса материала площадью 1 м², г.

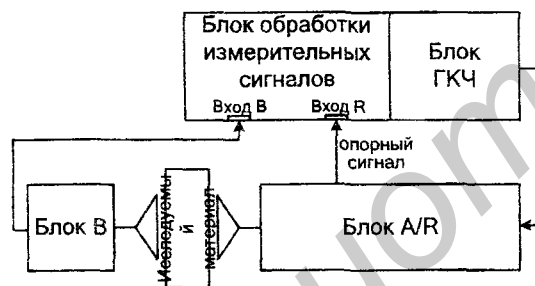
Предел прочности при растяжении σ , МПа, вычисляли по формуле $\sigma = F / (b \cdot h)$, где h – толщина образца, (среднее арифметическое результатов измерений толщины всех испытуемых образцов), мм.

Результаты округляли с точностью до 1,0 МПа. Относительная погрешность определения предела прочности при растяжении не превышает $\pm 10\%$ при доверительной вероятности 0,95.

Результаты измерения предела прочности при растяжении образцов экранов электромагнитного излучения составили 10 и 5 кгс, для первой и второй групп, соответственно.

Эффективность экранирования образцов экранов электромагнитного излучения оценивали соотношением между напряженностями электрического поля в точке пространства при отсутствии и наличии в ней этого материала и характеризовалась коэффициентами отражения и передачи ЭМИ.

Для исследования экранирующих характеристик использовался панорамный измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01-18, работающий по принципу раздельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. Измерения выполнялись с усреднением результата в три раза и включали в себя три этапа [2].



Структурная схема измерительной установки SNA 0,01-18

На первом этапе осуществлялась калибровка, во время проведения которой устанавливался оптимальный уровень мощности для работы детекторов измерителя. В данной модификации измерителя калибровка выполнялась автоматически.

Второй этап заключался в измерении коэффициентов передачи по схеме, изображенной на рисунке. При этом генератор качающейся частоты (ГКЧ) измерителя формировал сигнал в заданной полосе частот и через блок А/Р подавал его в передающую антенну. Блок обработки измерительных сигналов регистрировал ЭМИ,

прошедшее через исследуемый образец.

Третий этап заключался в измерении коэффициентов отражения. При этом на выходе устанавливался короткозамыкатель, ГКЧ измерителя формировал сигнал в заданной полосе частот и через блок А/Р подавал его в передающую антенну. Блок обработки измерительных сигналов регистрировал ЭМИ, отраженное от исследуемого образца. Относительная погрешность измерений составила $\pm 1\%$.

Измерения включали в себя два этапа. На первом этапе осуществлялась калибровка, в процессе которой определялись уровни мощности ЭМИ генератора в полосе частот 0,8...16 ГГц, соответствующие уровням мощности ЭМИ на приемной антенне в 1 мВт, 2 мВт, 3 мВт, 4 мВт и 5 мВт. При этом между передающей и приемной антеннами образец не устанавливался. С целью увеличения точности дальнейших измерений калибровка на каждой из частот проводилась десятикратно.

Показано, что коэффициент передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7–2 ГГц для образцов 1-й группы составил $-1... -4$ дБ, а в диапазоне частот 2–17 ГГц $-3,9... -14,7$ дБ. В свою очередь, коэффициент отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–2 ГГц для этой группы образцов составил $-4,7... -9,9$ дБ, а в диапазоне частот 2–17 ГГц $-0,2... -14,2$ дБ.

Показано, что коэффициент передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7–2 ГГц для образцов 2-й группы составил $-1,2... -3,6$ дБ, а в диапазоне частот 2–17 ГГц $-3,5... -13,2$ дБ.

Кроме того, очередь, коэффициент отражения в диапазоне частот 0,7–2 ГГц составил $-4,3... -10,3$ дБ, а в диапазоне частот 2–17 ГГц составил $0... -17$ дБ.

Также у образцов наблюдался выраженный полуволновой резонанс на частоте 8 ГГц, что объясняется волокнистой структурой материала и наличие разнородных слоев.

Литература

- ГОСТ ИСО 1924-1-96. «Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Часть 1. Метод нагружения с постоянной скоростью».
- Абудади Х.Д.А., Аль-Машатт Е.А.А., Аلسайх Н.Б.А., Бойправ О.В., Прудник А.М. Электромагнитные характеристики углеродсодержащего нетканого материала с геометрическими неоднородностями // Доклады БГУИР. – 2017. – № 1 (95). – С. 87–90.