

УДК 687.1

ОЛЕКСАНДР ПОДЕЙКО¹, СВІТЛАНА АРАБУЛІ¹,
ОЛЕНА КИЗИМЧУК²

¹Київський національний університет технологій та дизайну,
Україна

²Технічний університет м. Дрезден, Німеччина

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКРАНУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЩОДО ДІЇ ЕМВ

Мета. *Аналіз існуючих методів дослідження екрануючих властивостей текстильних матеріалів щодо дії неіонізуючого електромагнітного випромінювання (ЕМВ) для визначення доцільності використання тієї чи іншої методики в залежності від задач дослідження.*

Ключові слова: *методи дослідження, електромагнітне випромінювання, ефективність екранування, текстильний матеріал.*

Постановка завдання. Дослідження екрануючих властивостей текстильних матеріалів є ключовим етапом в розробці нових/модифікації існуючих засобів захисту від ЕМВ. Фізичним показником, який характеризує здатність текстильних матеріалів екранувати ЕМВ є ефективність екранування (SE), яка вимірюється у децибелах (дБ). SE складається з втрат на відбиття (**R – Reflection loss**), втрат на поглинання (**A – Absorption loss**) та втрат через множинне відбиття (**M – Multiple reflection loss**). Цей показник розраховують як відношення енергії, яку отримано без та при використанні захисного матеріалу і залежно від типу приймача він може бути визначений за наступними формулами [1]:

$$SE = 10 \log P_1/P_0 \text{ або } SE = 20 \log E_1/E_0 \text{ (dB)}$$

де P_1 або E_1 – потужність або напруга, яку отримано при використанні матеріалу;

P_0 або E_0 – потужність або напруга, яку отримано без використання матеріалу

Методи досліджень. Аналітичний огляд та систематизація науково-технічної інформації щодо методів дослідження екрануючої здатності текстильних матеріалів.

Результати досліджень. Для оцінки ефективності екранування матеріалів використовуються різноманітні методи. Аналіз робіт [2-4]

дозволив вивчити методи оцінки SE текстильних матеріалів та виділили головні з них:

1. Вимірювання за допомогою коаксialних камер. Поширений метод для оцінки SE на різних частотах. Камера дозволяє створити контрольоване середовище, через яке пропускають електромагнітну хвилю. Проба текстильного матеріалу розташовується всередині камери, і вимірюється сигнал на вході та виході. Цей метод використовують для вимірювання SE в діапазоні частот від 30 МГц до 1,5 ГГц, але може працювати і у ширших діапазонах. До переваг цього методу можна віднести простоту використання та універсальність. До недоліків цього методу можна віднести необхідність точного розташування та кріплення зразка текстильного матеріалу. Зазвичай метод використовують для відносно тонких текстильних матеріалів.

2. Вимірювання за допомогою хвилеводів. Метод використовують для випробувань у діапазоні частот від 1 ГГц до 100 ГГц. Хвилеводи використовують для направленої випромінювання електромагнітних хвиль через пробу текстильного матеріалу, що дозволяє вимірювати втрати на відбиття та поглинання. Хвилевод генерує вузький канал для випромінювання електромагнітної хвилі. Це дозволяє оцінити здатність текстильного матеріалу до поглинання та відбиття у контрольованих умовах. До переваг методу можна віднести точність вимірювання, але потреба спеціалізованого обладнання та обмеженість частотного діапазону для кожного конкретного хвилеводу є недоліками цього методу досліджень.

3. Вимірювання за допомогою рупорних антен. Метод дозволяє виконувати дослідження від низьких до високих частот. Рупорні антени використовують для створення електромагнітного поля і вимірювання SE текстильних матеріалів. Перевагами методу є можливість вимірювань на великих зразках, але метод вимагає великого простору для випробувань та існує складність точного позиціонування зразків текстильних матеріалів для повторюваних вимірювань.

4. Вимірювання з використанням випромінюючих і приймальних антен. Одна антена випромінює електромагнітне поле, а інша – приймає сигнал, який пройшов через пробу текстильного матеріалу. Ефективність екранування оцінюють за рівнем ослаблення сигналу. Цей метод використовують для вимірювання SE в діапазоні частот від 200 МГц до 10 ГГц. До переваг методу можна віднести можливість використання великих за розміром і складних за формою проб текстильних матеріалів. До недоліків відносяться фактори навколишнього середовища та необхідність постійного калібрування антен.

5. Метод екранування у замкненому просторі (рефлектометрія). Метод передбачає розташування проби текстильного матеріалу в екрановану камеру або ізольований простір. При цьому досліджується здатність текстильного матеріалу блокувати проникнення електромагнітних хвиль всередину або назовні. До переваг методу можна віднести можливість досліджувати в широкому діапазоні хвиль від 100 МГц до 18 ГГц, точний контроль ЕМВ та мінімальний вплив зовнішніх факторів. До недоліків – дороговартісне устаткування.

6. Вимірювання опору або провідності текстильних матеріалів. Метод відноситься до непрямих методів визначення екрануючих властивостей текстильних матеріалів. Метод оцінює потенційну екрануючу здатність текстильного матеріалу через вимірювання його електричного опору. Відомо, що матеріали з високою провідністю мають кращі екрануючі властивості. До переваг методу можна віднести простоту та швидкість випробування, але результати не дають повного уявлення про реальні екрануючі властивості текстильних матеріалів щодо ЕМВ, особливо, на високих частотах.

Висновок. Аналіз методів дослідження вказав на існування різних підходів до тестування екрануючих властивостей текстильних матеріалів щодо дії ЕМВ. Ці особливості, в свою чергу, впливають на результати досліджень [5] та обумовлюють вибір методу дослідження.

Література

1. J. Svacina. Electromagnetic compatibility: principles and notes. Issue No. 1. (2001), 156p. ISBN 8021418737.
2. Tadeusz W. Wieckowski, Jaroslaw M. Janukiewicz. Methods for evaluating the shielding effectiveness of textiles. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 2005 14(5). p.18-22.
3. Safářová Veronika & Militký Jiří. Comparison of methods for evaluating the electromagnetic shielding of textiles. *Vlákna a Textil*. 2012, 19 (3). p. 50-56.
4. Hong Y. K., Lee C. Y., Jeong C. K., Lee D. E., Kim K., Joo J.; Method and apparatus to measure electromagnetic interference shielding efficiency and its shielding characteristics in broadband frequency ranges. *Rev. Sci. Instrum.* 2003; 74 (2). p.1098–1102.
5. Tezel S, Kavuşturhan Y, Vandenbosch GA, Volski V. Comparison of electromagnetic shielding effectiveness of conductive single jersey fabrics with coaxial transmission line and free space measurement techniques. *Textile Research Journal*. 2013. 84(5). p.461-476.