

состояния подвесных изоляторов ЛЭП путем регистрации электромагнитного излучения от ЧР// Электропанорама. – 2010. – №2.

Бабушкін А.М., Дюжаєв Л.П. Спектр випромінювання струму часткового розряду діелектриках. У статті виконаний аналіз методики визначення спектру струму часткового розряду у високовольтному обладнанні.

Ключові слова: частковий розряд, спектр, високовольтне обладнання

Бабушкин А.М., Дюжаев Л.П. Спектр излучения тока частичного разряда в диэлектриках. В статье произведен анализ методики изучения спектра тока частичного разряда в высоковольтном оборудовании.

Ключевые слова: частичный разряд, спектр, высоковольтное оборудование.

Babushkin A.M., Duzhaev L.P. Spectrum of radiation of the partial discharge in the dielectrics. In the article the analysis of the method of study the spectrum of partial discharge in high voltage equipment.

Keywords: partial discharge, spectrum, high voltage equipment.

УДК 615.471:616

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Яненко А.Ф., Перегудов С.Н., Головчанская А.Д.

Развитие элементной базы СВЧ и КВЧ – диапазонов, ее удешевление и доступность стимулировали появление новых направлений использования микроволновой техники. В последнее время микроволновая техника и технологии получили распространение и применение не только в военных целях, науке и технике, а и в промышленности, сельском и народном хозяйстве, биологии и медицине [1, 2].

Достаточно активно используется в медицине и биологии радиометрическая аппаратура для контроля слабых температурных аномалий в теле человека и диагностики онкологических заболеваний, для метрологического сопровождения приборов квантовой медицины, для научных исследований электромагнитных излучений физических и биологических объектов, для исследования свойств диэлектрических материалов и веществ [3].

Так в работе [4] приведены результаты исследования и оценка комфортности натуральных и синтетических текстильных материалов - шерсти, хлопка, шелка, полиамида, полиэфира и других с телом человека с использованием коэффициента излучательной способности β (коэффициента серости) этих материалов, определяемого отношением уровня излучения материала к уровню излучения абсолютно черного тела при этой же температуре. Измерения проводились высокочувствительной радиометрической системой мм-диапазона на частоте 52 ГГц при температуре материала эк-

вивалентной температуре человеческого тела (36°C), по схеме аналогичной рис 3.

В результате измерений и расчета получено значение коэффициента β в пределах 0,48 – 0,9, причем для натуральных материалов значение β находится в пределах 0,7-0,9, а для текстильных материалов на основе химических волокон и смешанных с натуральными в диапазоне 0,5-0,7. Полученные значения коэффициента излучательной способности текстильных материалов позволяют идентифицировать их между собой, выявлять примеси, и сопоставляя с аналогичным параметром человеческого тела рассчитывать комфортность материала.

Авторами [5] исследовано влияние пропитки текстильных материалов (шерсти и хлопка) натуральными красителями (зверобоем и ромашкой) на их комфортность по отношению к телу человека. Для расчета комфортности использовался уровень собственного электромагнитного излучения материала с пропиткой лекарственными травами и без при нагреве до температуры 36°C . Пропитка лекарственными травами повышает комфортность материалов в среднем на 10-13%.

В работе [6] проведены исследования образцов стоматологических материалов. Авторами предпринята попытка оценки совместимости стоматологических материалов по их собственному излучению в диапазоне мм-волн, однако, измерения показали как совпадение параметра интенсивности излучения, так и значительное расхождение, достигающее 40 %, в сравнении с натуральным материалом зуба.

Поэтому нами проведены дальнейшие исследования электромагнитных характеристик стоматологических материалов с целью определения параметра, который обеспечил бы более точную их идентификацию.

Объекты испытаний

Исследованию подвергались следующие материалы [5,6]:

Образец №1 – материал на основе резорцин-формалиновой смеси «Foredent» (SPOFA, Словакия) имеет выраженные антимикробные свойства, но обладает целым рядом недостатков, которые обусловили отказ от него во многих странах: цитотоксичен, окрашивает ткани зуба и даже окружающие ткани, недостаточно адгезивен.

Образец №2 – стеклоиономерный цемент Endion (VOCO, Германия) состоит из мелкодисперсного фторалюмосиликатного стекла и поликарбонной кислоты. Обладает уникальной способностью химически соединяться с дентином и обеспечивать надежную герметичность корневого канала, но недостаточно устойчив при действии механических нагрузок, трудно выводится из каналов при необходимости повторного вмешательства, что обусловило его непопулярность в клинике.

Образец №3 – цинк-оксид – эвгенольный материал «Endomethazone» (Septodont, Франция) благодаря эвгенолу оказывает антисептическое дей-

твие, но присутствие некоторого количества свободного эвгенола вызывает воспалительную реакцию тканей. Это свойство можно уравновесить введением в состав материала стероидных препаратов, что нежелательно, поскольку возможно общее резорбтивное воздействие.

Образец №4 – полимерный цемент AN Plus (Dentsply, США) – эпоксиаминный полимер, отверждается по реакции полиприсоединения после смешивания двух паст. Очень пластичный материал однородной консистенции, образующий тонкую пленку, но, однако, дает достаточно большую полимеризационную усадку. Обладает некоторой цитотоксичностью во время процесса отверждения, что вызывает ответную воспалительную реакцию, но отвердевший материал толерантен к окружающим тканям, и реактивное воспаление быстро проходит.

Образец №5 – композитный материал светового отверждения «Spectrum» (Dentsply, США) (цвет А3,5) – рентгеноконтрастный фотополимеризуемый универсальный гибридный композит со сверхмелким размером частиц для изготовления реставраций зубов фронтальной и жевательной групп. В качестве наполнителя использовано бариевое стекло и спеченный кремний со средним размером частиц - 0,8 микрон. Имеет отличные механические и эстетические свойства.

Образец №6 – композиционный материал химического отверждения «Compolux» (Septodont, Франция) на основе смолы Bis-GMA, наполнитель имеет размер частиц до 20 микрон и составляет по массе 63%. Достаточно механически устойчив, эстетичен.

Образец №7 – стеклоиономерный цемент «Cavitan – plus» (SPOFA, Словакия). Кроме указанной выше способности образовывать химическую связь с твердыми тканями зуба имеет еще одно замечательное свойство – выделять фтор, что является основой противокариозного действия, используется для изолирующих прокладок, временных (долгосрочных) пломб в постоянных и сменных зубах и постоянных пломб в сменных зубах.

№ 8 – Натуральный материал зуба (эмаль)

№ 9 – Натуральный материал зуба (дентин)

№ 10 – Срез губчатой кости

Из указанных материалов были подготовлены образцы площадью 0,5 мм² и толщиной 1 мм, с возможностью перекрытия поперечного сечения стандартного волновода в диапазоне частот 37- 78 ГГц. В процессе эксперимента проверялись следующие характеристики материалов:

– коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) проводился на стандартном измерителе КСВН и ослабления Р2-69;

– поглощающую способность материалов на малых сигналах от 10⁻¹³ до 10⁻¹⁰ Вт и частотах 52-53 ГГц. Измерения проводились на аттестованной радиометрической установке НУ-2.

– интенсивность излучения каждого материала при температуре 37

$^{\circ}\text{C}$, уровень которого регистрировался измерительной установкой НУ-2 с чувствительностью 10^{-14} Вт на частоте 52 ГГц.

Результаты исследования

Измерение КСВН образцов №№1-10, производилось по стандартной методике при помощи прибора Р2-69 в диапазоне частот 52-78 ГГц. Результаты измерений среднего значения КСВН приведены в табл. 1.

Таблица 1. Средний уровень КСВН различных материалов

Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КСВН	2,6	2,2	2,2	1,8	2,9	3,0	2,2	2,5	4,0	2,0

Из табл.1 видно, что КСВН большинства материалов (1-4;7;8;10) находится в пределах $\pm 0,5$ единиц. В тоже время эмаль натурального зуба имеет большее значение коэффициента отражения, а образцы 5 и 6 несколько отличаются от среднего показателя КСВН. На рис.1 показана зависимость КСВН от частоты образцов №№ 3, 4 и 6 со средним, минимальным и максимальным значением.

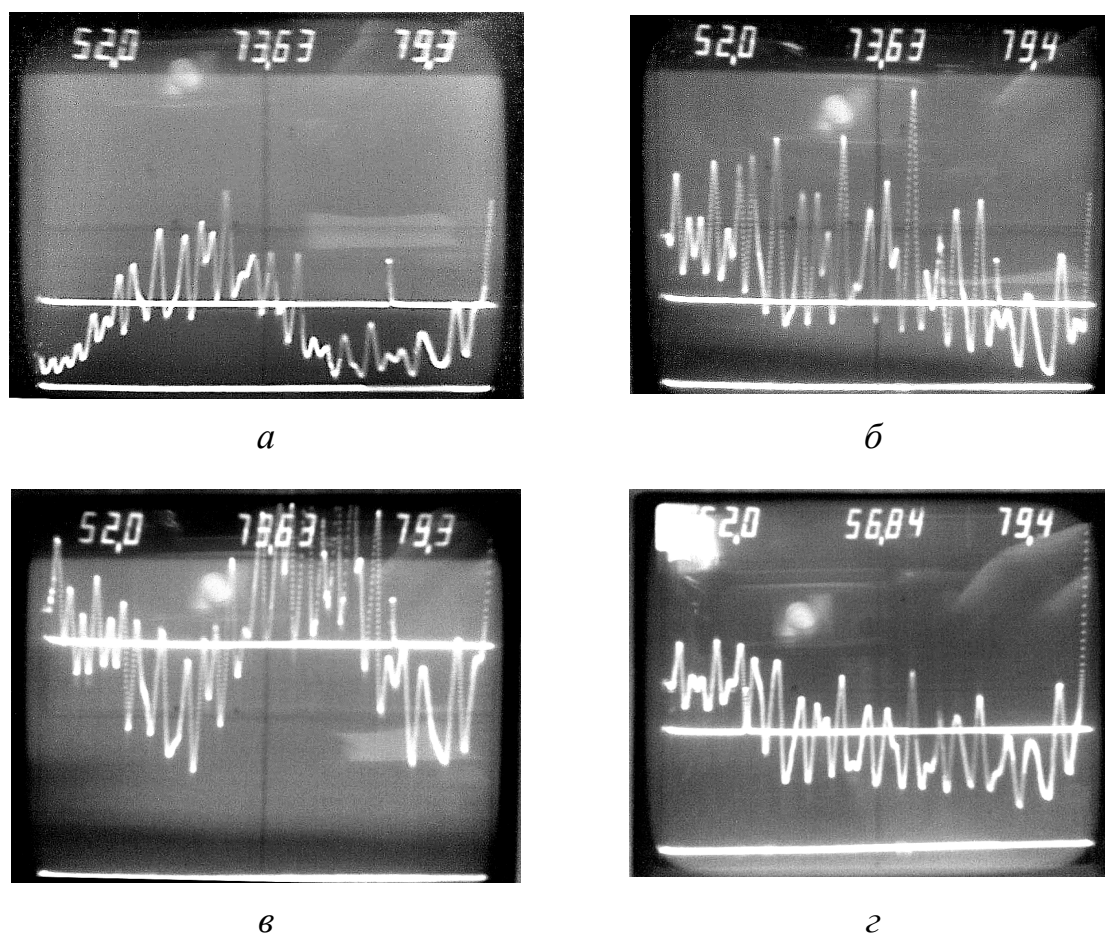


Рис. 1. Зависимость КСВН образцов от частоты: а – образец № 3; б – образец № 4; в – образец № 6; г – калибровочная пластина (КСВН=2,0)

Схема измерения поглотительной способности на слабых сигналах приведена на рис. 2.

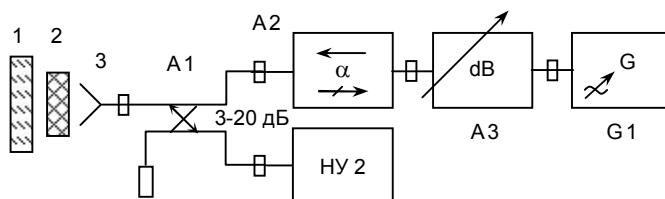


Рис. 2. Схема измерения поглотительной способности материалов

Измерение проводится в два этапа. На первом этапе антенна 3 закрывается металлической пластинкой 1. Сигнал через аттенюатор А3 и вентиль А2 поступает в антенну 3 полностью отражается и проходит через направленный ответвитель А1 на измерительную систему НУ-2. С помощью аттенюатора А3 устанавливается нулевое показание индикатора НУ-2. Затем антенна закрывается образцом материала 2, и аттенюатором А3 снова устанавливаем нулевое показание индикатора.

Уровень поглощения определяется соотношением:

$$\Delta L = L_1 - L_2,$$

где L_1 и L_2 – показания аттенюатора А3 в дБ.

Возможность прохождения сигнала через образец определяется путем установления пластины 1 за исследуемым материалом 2.

Измерения показали, что поглотительная способность образцов стоматологических материалов при выбранных размерах отличается в пределах $\pm 1,2$ дБ, что не позволяет проводить точную идентификацию стоматологических материалов.

Известно, что физические тела при нагревании излучают в широком диапазоне частот электромагнитные шумовые сигналы, спектральная плотность мощности которых определяется соотношением:

$$p = kT, \quad (1)$$

где k – постоянная Больцмана, T – температура.

Расчет излучательной способности физического тела для определенной частоты можно выполнить по формуле Рэлея-Джинса

$$I_T = \beta(f/c)^2 kT, \quad (2)$$

где β – коэффициент серости физического тела, f – частота излучения, c – скорость света.

Коэффициент серости любого физического тела можно рассчитать по известному соотношению

$$\beta = I_T / I_{АЧТ} , \quad (3)$$

где $I_{АЧТ}$ – интенсивность излучения абсолютно черного тела при этой же температуре.

С учетом изложенного авторами проведено исследование излучательной способности указанных стоматологических материалов, для определения I_T . Схема измерения представлена на рис. 3.

Обозначения к рис.3: 1 – термостат, 2 – образец материала, 3 – нагреватель, 4 – приемная антенна, НУ-2 – измерительная установка. Режимы исследования: температура нагрева образца 37°C , частота измерения 52 ГГц.

Согласно измерениям, мощность излучения рассмотренного ряда стоматологических материалов сосредоточилась в диапазоне (от 1,8 до $3,1 \cdot 10^{-13}$ Вт/см²). С учетом (1-3) проведен расчет коэффициента серости материала. Результаты представлены на номограмме (рис.4).

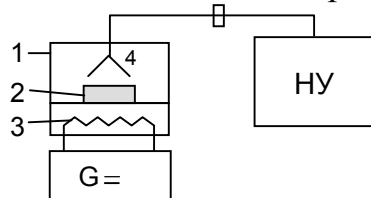


Рис. 3. Схема измерения излучательной способности материалов

Интерпретация результатов

Образцы №№1-4 используются для пломбирования корневых каналов зубов, поэтому изучаемые свойства целесообразно сравнивать с аналогичными свойствами дентина (№ 9), с которым они контактируют. Образцы материалов №№5-7 используются для пломбирования поверхности зуба, поэтому их свойства необходимо сравнивать и со свойствами эмали зуба (№ 8).

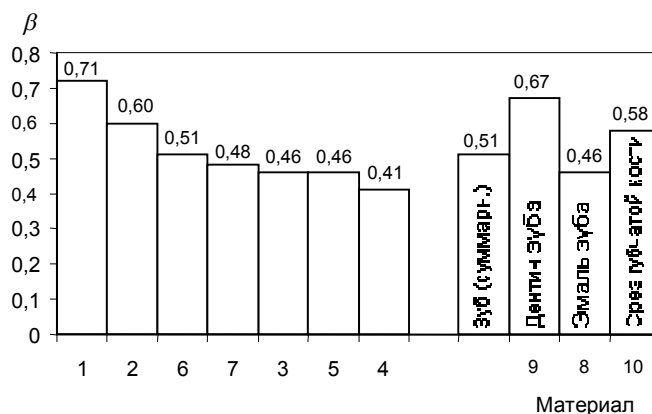


Рис. 4. Коэффициент β для материалов №№1-10

Анализ значения КСВН показывает, что несовпадение КСВН стома-

тологических материалов для пломбирования каналов зубов №№1-4 может достигать более 50% в паре материалов №№ 4 и 9, что затрудняет их идентификацию, в тоже время материалы для поверхности зуба №№5-7 имеют худшее значение, 16%, в паре №№ 6 и 8.

Идентификация по коэффициенту серости дает значительно меньшие значения отклонения, от 38% в паре материалов №№ 4 и 9 до 7,6% в паре №№ 1 и 9, используемых при пломбировании каналов зубов, и от 0% в паре материалов №№ 5 и 8 до 10,8% в паре №№ 6 и 8, используемых для пломбирования поверхности зуба.

Заключение

1. Как следует из результатов исследования текстильных и стоматологических материалов параметры электромагнитного сигнала диэлектрического материала могут служить, с той или иной степенью точности, идентификационным признаком в ряду подобных материалов.

2. Наиболее реальным параметром, используемым для идентификации материалов, может служить коэффициент серости, который определяется как отношение излучательной способности материала к излучательной способности АЧТ.

3. Предложенная методика идентификации может быть использована для оценки идентичности минералов и драгоценных камней, а также новых материалов создаваемых в рамках нанотехнологий.

Литература

1. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы // Сборник научных трудов, вып. 2-3. – К.-Одесса : ТЕС. 2000. С.192.
2. Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины. К. : ФАДА,ЛТД, 1999. 199 с.
3. Радиометрия физических и биологических объектов/Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф., Манойлов В.Ф., Куценко В.П., Гимпилевич Ю.Б.–Житомир:Волян,2003. 406с.
4. Методи та засоби контролю фізичних параметрів текстильних матеріалів/ Яненко О.П., Ваганов О.А./Вісник НТУУ «КПІ» Приладобудування. 2009. Вип.38.С.107-111.
5. Дослідження електромагнітних властивостей оброблених натуральними фарбниками/ Скрипник Ю.О.,ВагановО.А.,Супрун Н.П.,Шевченко К.Л.,Яненко О.П.// Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування. 2009. Вип.37. С. 134-140.
6. Оцінка сумісності стоматологічних матеріалів / Красюк О.Д., Головчанська О.Д., Перегудов С.М., Яненко О.П. // Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування. 2008. Вип.35. С. 143-147.
7. Нурт Р. Основы стоматологического материаловедения. М. : Mosby, 2002. 302 с.
8. Терапевтическая стоматология, том 1. Фантомный курс / Данилевский Н.Ф., Борисенко А.В. и др. – К. : Медицина, 2007. 360 с.

Яненко А.Ф., Перегудов С.Н., Головчанская А.Д. Электромагнитная идентификация диэлектрических материалов. Исследованы электромагнитные параметры и характеристики материалов, применяемых в легкой промышленности и стоматологии, с целью их идентификации. Проведен анализ результатов измерений и предложена методика идентификации диэлектрических материалов.

Ключевые слова: диэлектрические материалы, стоматология, легкая промыш-

ленность, идентификация материалов

*Яненко О.П., Перегудов С.М., Головчанська О.Д. **Електромагнітна ідентифікація діелектричних матеріалів.** Досліджені електромагнітні параметри і характеристики матеріалів, які застосовуються в легкій промисловості та стоматології з метою їх ідентифікації. Проведено аналіз результатів вимірювань та запропонована методика ідентифікації діелектричних матеріалів*

Ключові слова: *діелектричні матеріали, стоматологія, легка промисловість, ідентифікація матеріалів*

*Yanenko A. F., Peregudov S.N., Golovchanska A.D. **Electromagnetic identification of dielectric materials.** The electromagnetic features and parameters of dielectric materials, which are used in light industry and stomatology. The results of measuring are analyzed and the method of authentication is offered.*

Key words: *dielectric materials, light industry, stomatology, identity of the materials*