

• возможно проводить анализ процесса диагностики с помощью поверхностей отклика и полей градиентов, что ускоряет вычисления в цифровых машинах, при больших объемах диагностических данных.

#### Библиографические ссылки

1. Тулинова Е. Е., К.Л. Ковалев, Иванов Н. С., Ларионов А. Е. Обзор разработок полностью электрических самолетов // Электричество. 2016. № 4. С. 15–25.
2. Воробьев В. Г., Константинов В. Д. Надежность и техническая диагностика авиационного оборудования : учеб. М. : МГТУ ГА, 2010.
3. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем в среде MatLab. М. : Горячая линия-Телеком, 2007.
4. ГОСТ Р 54073 – 2017. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергетики. М. : Стандартинформ, 2018.

©БГТУ

## КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА МАГНИЯ ДЛЯ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

А. А. КАРНИЕВИЧ

НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ – Е. М. ДЯТЛОВА, КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ,  
О. А. СЕРГИЕВИЧ КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

В работе приведен аналитический обзор литературы в области синтеза керамических диэлектриков, на основании которых выбраны направление исследования и составы исходных масс. На основании результатов исследования выбран оптимальный состав массы, обеспечивающий синтез материала с заданными характеристиками. Материал на основе оптимального состава характеризуется следующими свойствами: водопоглощение – 1,25 %; кажущаяся плотность – 3770 кг/м<sup>3</sup>; открытая пористость – 4,61 %, диэлектрическая проницаемость – 21,65, ТКЕ – 44,11·10<sup>6</sup> К<sup>-1</sup>.

Ключевые слова: техническая керамика, титанат магния, минерализатор, фазовый состав, диэлектрическая проницаемость.

Актуальность данной работы обусловлена широким интересом к синтезу и исследованию керамических материалов с положительным температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости, который позволяет обеспечить температурную стабильность компонентов электронной техники, в частности высокочастотных конденсаторов. Как известно, диоксид титана обладает повышенным значением диэлектрической проницаемости и является основным материалом для изготовления так называемой «конденсаторной» керамики. В настоящее время особое практическое значение имеют современные материалы на основе различных титанатов, которые обладают широким диапазоном электрофизических свойств.

Для изготовления электрических конденсаторов и других компонентов электронной техники широко применяются керамические материалы на основе оксидных титаносодержащих систем. На основе анализа литературных данных установлено, что диоксид титана обладает повышенным значением диэлектрической проницаемости и является основным материалов для изготовления «конденсаторной керамики». Большинство титанатов металлов и оксид титана обладают отрицательным коэффициентом диэлектрической проницаемости. Диэлектрики, синтезируемые на основе титаната магния, могут достигать значений ТКЕ до  $+70 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Целью данной работы является разработка составов и технологических параметров синтеза высокочастотных диэлектрических керамических материалов, обладающих средними значениями диэлектрической проницаемости, высоким электрическим сопротивлением и положительным коэффициентом диэлектрической проницаемости, которые могут быть использованы для получения термостабильных конденсаторов.

Синтез опытных образцов проводился на основе титаната магния с дополнительным введением оксидов-модификаторов. Содержание компонентов варьировалось в следующих пределах, мас. %: TiO<sub>2</sub> – 57,7–66,5; MgO – 33,5–30,9; ZrO<sub>2</sub> – 9,8–19,1; CaO – 0,9–2,8. Изготовление образцов производилось методом полусухого прессования. Обжиг материалов осуществлялся при температурах 1250–1400 °С. Значения диэлектрической проницаемости опытных образцов находились в диапазоне от 13,63 до 21,65, температурного коэффициента диэлектрической проницаемости – от  $42,9 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$  до  $69,8 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ , диэлектрических потерь –  $\text{tg} \delta = (8-15) \cdot 10^{-4}$ , а величина электрического сопротивления составили более  $10^{11} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

Введение в состав модифицирующих добавок в виде CaO и ZrO<sub>2</sub> способствует увеличению диэлектрической проницаемости, что обусловлено изменением структуры и фазового состава керамического материала. CaO способствует увеличению диэлектрической проницаемости, но приводит к снижению температурного коэффициента диэлектрической проницаемости. Это связано с усилением процесса поляризации за счет формирования кристаллической перовскитовой структуры с повышенной степенью тетрагональности, а также с возможным появлением новых кристаллических фаз, таких как CaTiO<sub>3</sub>, который имеет диэлектрическую проницаемость в 7–8 раз выше, чем MgTiO<sub>3</sub> и высоко отрицательный ТКЕ.

Комплекс свойств разработанного материала позволяет рекомендовать его для изготовления термостабильных электрических конденсаторов типа КМ.

©БелГУТ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА РАЗГОВОРНЫХ ТРАКТОВ СИСТЕМЫ ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ НА УЧАСТКАХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

**А. В. КАРПОВ**

**НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – В. Г. ШЕВЧУК, ДОЦЕНТ**

В статье обосновывается, что для обеспечения безопасности движения поездов на Белорусской железной дороге необходимо перевести технологическую радиосвязь на цифровой стандарт.

Ключевые слова: железная дорога, безопасность движения поездов, технологическая радиосвязь, цифровой стандарт радиосвязи.

Повышение эффективности работы Белорусской железной дороги, создание условий для устойчивого и безопасного функционирования железнодорожного транспорта тесно связаны с использованием технологий радиосвязи.

С помощью радиосредств обеспечиваются:

- автоматизация управления движением и повышение безопасности движения поездов;
- безбумажная технология взаимодействия между работниками, обеспечивающими управление движением, и машинистами поездов (передача приказов и команд);
- автоматизация управления соединенными и тяжеловесными поездами;
- развитие средств видеонаблюдения на станциях и особо важных объектах и др.

В настоящее время на участках Гомельского отделения Белорусской железной дороги используются преимущественно линейные сети симплексной поездной радиосвязи гектометрового (2 МГц) диапазона и зоновые (в пределах станций и прилегающих к ним перегонов) сети симплексной поездной и станционной радиосвязи метрового (160 МГц) диапазона. Эти аналоговые радиосети предназначены главным образом для передачи речевых сообщений.

Им присущи следующие недостатки:

- ограниченные функциональные возможности; значительное влияние радиопомех на качество связи;
- проблемы в обеспечении электромагнитной совместимости радиосредств, особенно в крупных узлах;
- сложности в эксплуатации, обусловленные низкой надежностью и широким разнообразием применяемых устройств и др.

Стремительное развитие информационно-управляющих систем, а также бурное строительство электрифицированных линий на Белорусской железной дороге уже сегодня требуют перехода на цифровые технологии передачи данных по радиоканалам, основанные на временном и кодовом разделении каналов. Для реализации этих технологий целесообразно использовать как выделенные предприятию частоты, так и ресурсы других операторов. Выбор частотных ресурсов для каждой из систем должен определяться с учетом ряда требований. Основные из них – электромагнитная совместимость (ЭМС) радиосвязи различных систем управления, высокий уровень надежности каналов передачи данных, а также требования систем управления по объемам и скорости передачи данных.

Анализ качества разговорных трактов существующей сети радиосвязи Гомельского отделения Белорусской железной дороги показал, что недостатки в ее работе существуют.

Результаты исследования могут служить практическим подтверждением того, что в данный момент времени система радиосвязи весьма изношена и ее возможности в вопросе обеспечения безопасности движения поездов крайне ограничены. Особенно необходимо обратить внимания на участки, где проектируются или уже функционируют электрифицированные линии, т. к. именно там система радиосвязи гектометрового диапазона работает в крайне жестких условиях.