(cc) BY

Цымбалова Виктория Михайловна
магистрант
Хозяев Игорь Алексеевич
д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет»
г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР: КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

***Аннотация**: в работе описана калибровка электрического тракта установки для определения диэлектрической проницаемости зерновых. Измерение емкости эталонных конденсаторов и надлежащий статистический анализ данных свидетельствуют о квалифицированной модификации прибора Ф4320 и адекватности его использования в составе лабораторного диагностического комплекса. Погрешность, обусловленная его применением, сохранена в рамках спецификаций производителя.*

***Ключевые слова**: зерновые материалы, диэлектрическая проницаемость, измерения, калибровка, статистический анализ.*

В работе [1] описана экспериментальная установка для измерения диэлектрической проницаемости зерновых материалов, актуальная как для исследовательских целей, так и для практической оценки качества соответствующей продукции. Состоящая из емкостного датчика и электрической подсистемы эта установка нуждается в аккуратной отладке и калибровке.

Ниже описывается процедура калибровки электроизмерительного модуля системы на основе модифицированного мультиметра Ф4320 [1].

Калибровка осуществлялась путем измерения емкости эталонных конденсаторов с последующим сопоставлением результатов этих измерений с заявлен-

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

ными номиналами. Результаты интерпретировались с использованием известных методов математической статистики. Фрагмент исходных данных для калибровки двух низших диапазонов прибора Ф4320 показан на рисунке 1. В первой колонке приведены заявленные номиналы эталонных конденсаторов, во второй – погрешность изготовления в %, в третьей – результаты измерения прибором Ф4320.

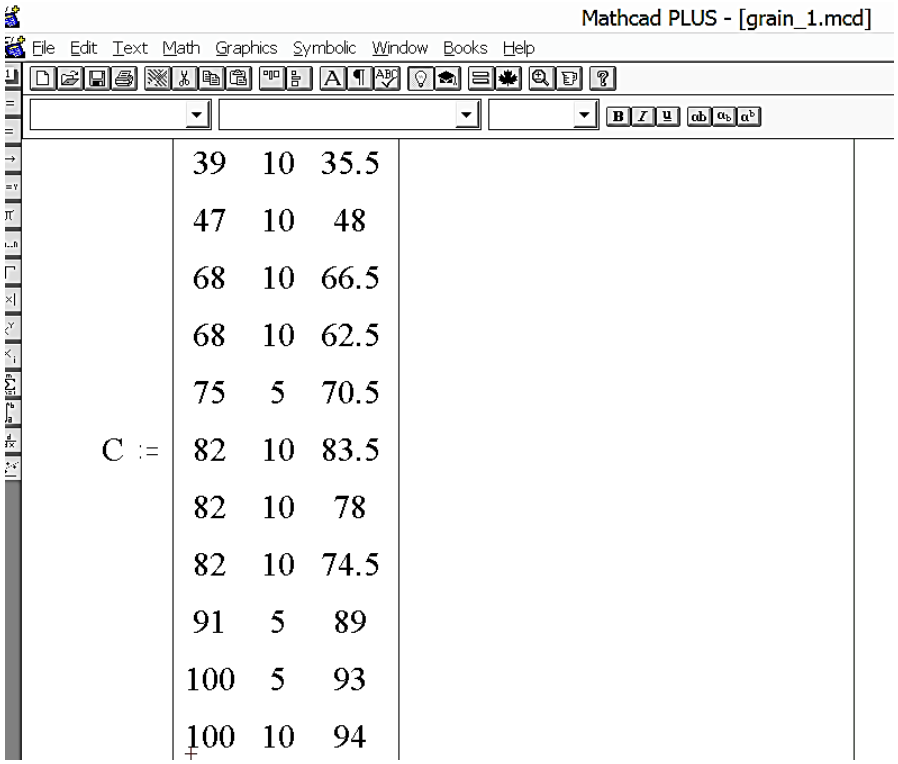

Рис. 1. Данные, использованные при калибровке прибора Ф4320

Критичными показателями качества измерений, главным образом, соответствия прибора Ф4320 нашим целям, являются: коэффициент корреляции заявленных производителем конденсаторов и измеренных значений емкости, а также степень отклонения зависимости $C_{изм}(C_{заявл.})$ от тождественной. Результаты расчета соответствующих показателей средствами пакета MathCAD показаны на рисунке 2. Из графика видно, что зависимость $C_{изм}(C_{заявл.})$ близка к тождественной. Численно эта близость подтверждается коэффициентом корреляции, равным 0,998, а также наилучшими приближающими коэффициентами линейной зависимости

$$C_{изм} = 1{,}01 \cdot C_{заявл.} - 2.38. \qquad (1)$$

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Физический смысл коэффициентов в этой формуле состоит в том, что погрешность измерений на эталонной выборке конденсаторов не превышает 1% и/или 2,5 пФ.

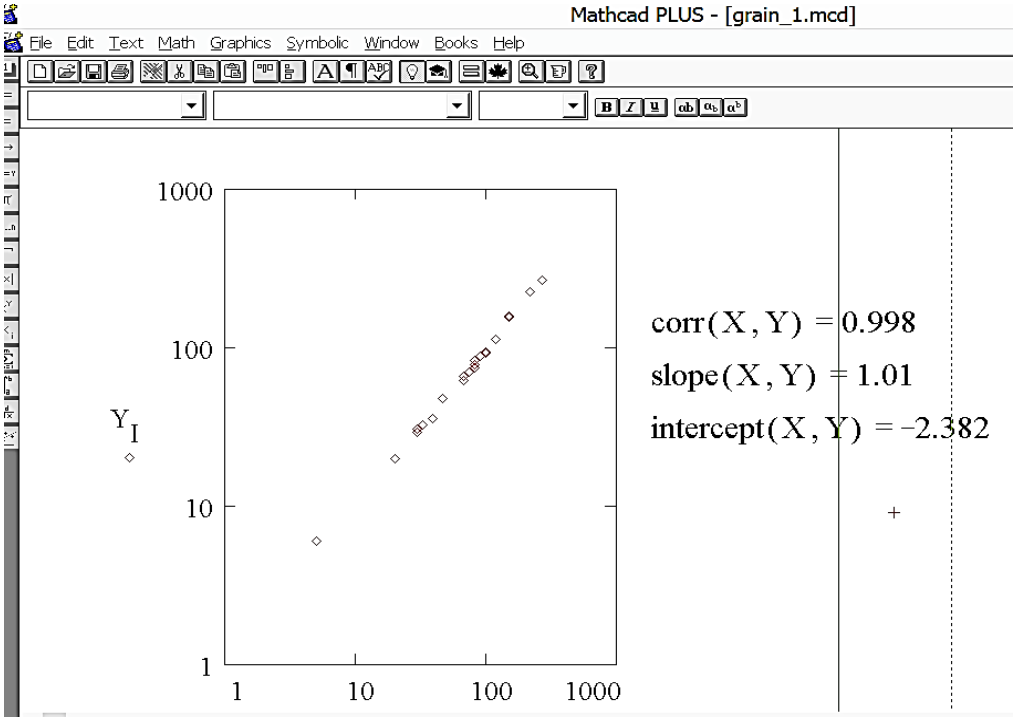

Рис. 2. Статистические показатели качества измерений емкости конденсатора посредством модифицированного прибора Ф4320

Наряду с этой нижней оценкой погрешности измерений приведем верхнюю, для чего следует учесть вероятную погрешность номиналов конденсаторов, которые мы выбрали в качестве эталонов. На рисунке 3 приведены результаты сравнения относительной погрешности измерения емкости всех эталонных конденсаторов с допустимым отклонением их номинала (см. 2-й столбец матрицы на рисунке 1). Они свидетельствуют, что измеренное прибором Ф4320 значение емкости отличается от заявленного производителем на величину, меньшую допустимой технологической погрешности. Таким образом, качество модифицированного измерителя емкости удовлетворяет нашим целям. Даже в худшем случае погрешность измерения и изготовления в совокупности не превышает 10%.

Отметим, что заявленная производителем погрешность измерения емкости составляет 5%.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

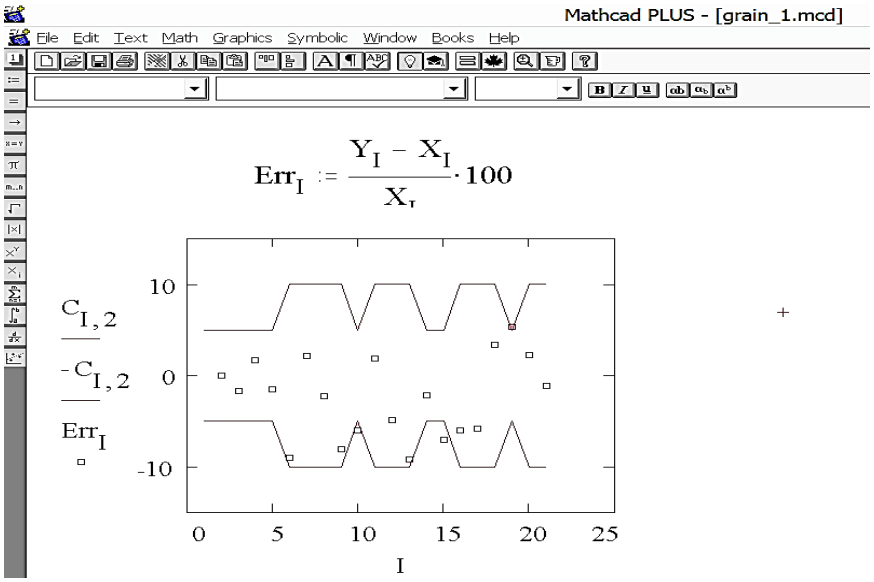

Рис. 3. Сопоставление допустимой погрешности емкости эталонных конденсаторов (коридор, обозначенный красными линиями) и фактически зафиксированное прибором отклонение емкости от номинала (синие точки)

Более тонкий статистический анализ показывает, что средняя погрешность измерения прибором составляет 6,1%, а средняя погрешность фактического номинала эталонных конденсаторов – 8,2%. Следовательно, вероятная максимальная погрешность модифицированного нами измерителя составляет 5,5% (рисунок 4).

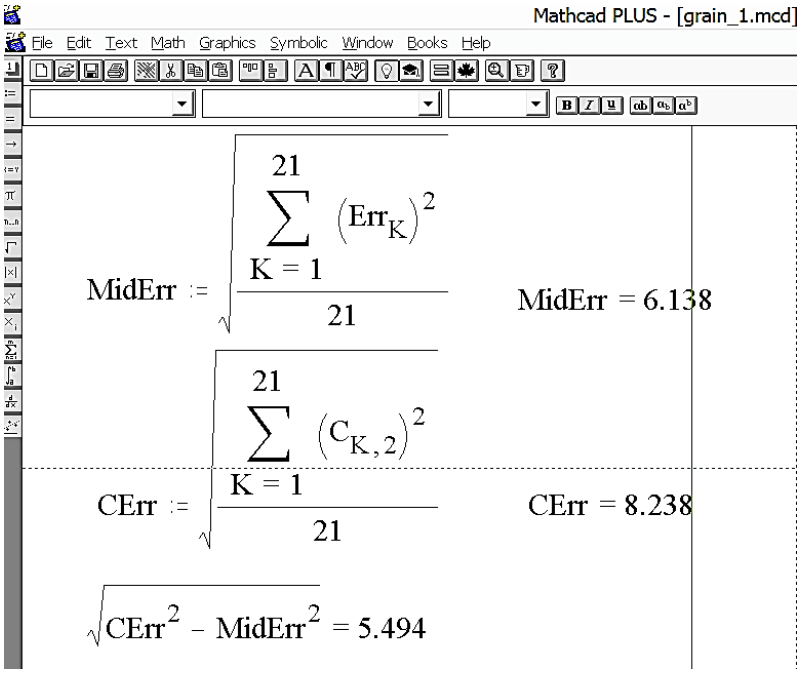

Рис. 4. Верхняя оценка относительной погрешности измерения емкости модифицированным прибором Ф4320

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Таким образом, основным результатом данной работы представляются положительный ответ на вопрос о целевом соответствии модифицированного прибора Ф4320 и успешно осуществленные процедуры его калибровки и оценки погрешности измерений диэлектрической проницаемости зерна вследствие несовершенства электроизмерительной подсистемы.

Список литературы

1. Цымбалова В.М. Диэлектрическая проницаемость зерновых культур: принцип определения и средства измерения [Текст] / В.М. Цымбалова, И.А. Хозяев // Студенческая наука XXI века: Материалы XI Междунар. студенч. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 1 нояб. 2016 г.) / Редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – №4 (11). – С. 140–144.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)