

ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГРАДУИРОВКИ И ПОВЕРКИ ДВУХПАРАМЕТРОВЫХ ВИХРЕТОКОВЫХ ТОЛЩИНОМЕРОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

© 2024 г. Михаил Владимирович Сясько^{1*}, И. П. Соловьев¹, П. В. Соломенчук²

¹ – Санкт-Петербургский государственный университет,

199034 Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9.

² – ООО «Константа», 198098 Санкт-Петербург, Огородный пер., д. 21.

* - m.syasko@gmail.com

Для измерения толщины диэлектрического покрытия (ТП) на немагнитном металлическом основании применяется амплитудный метод вихретокового вида неразрушающего контроля [1]. На результаты измерений оказывают влияние мешающие параметры, в частности удельная электрическая проводимость основания (σ). Для проведения измерения ТП с учетом σ разработан метод двухпараметровой обработки сигналов амплитудно-фазового вихретокового преобразователя (ВТП) [2, 3].

Традиционно, для градуировки ВТП используются меры ТП, представляющие собой плоскопараллельные пластиковые пластины, поверяемые с применением контактного длинномера. Градуировка производится путем последовательной установки ВТП на одну или несколько мер ТП, уложенных на образцовое основание (ОО), σ которого соответствует некому выбранному среднему значению. Для градуировки толщиномера, реализующего двухпараметровый метод измерения ТП, необходимо выполнить градуировку с использованием не одного, а нескольких ОО, значения σ которых будут разными и перекрывать весь диапазон актуальных значений σ .

Двухмерная градуировочная характеристика с использованием нескольких ОО кратно увеличивает трудоемкость процедуры градуировки. Для устранения этой проблемы предлагается использовать установку-имитатор толщины диэлектрического покрытия (УИТП), рис. 1.

УИТП состоит из прецизионного линейного актуатора, сервопривода, базовой несущей конструкции и программного обеспечения, обеспечивающих проведение автоматизированной процедуры градуировки. При градуировке ОО укладывается в ложемент. Производится перемещение ОО вниз до момента касания контактной поверхности ВТП. Определение момента касания производится с использованием сигнала, сформированного тензодатчиком. Для вычисления координат точки касания применяется макрос движения. ОО подводится в точку, соответствующую значению нуля, после чего производится ступенчатое перемещение ОО вверх по заданной управляющей программе. Считывание сигнала ВТП и его запись в градуировочную таблицу производится во время остановки по сигналу достижения заданной позиции,

сформированному серводрайвером. При достижении ОО положения, соответствующего пределу измерения ВТП, производится замена ОО вручную на следующее, имеющее другое значение σ , после чего цикл повторяется для каждого ОО.

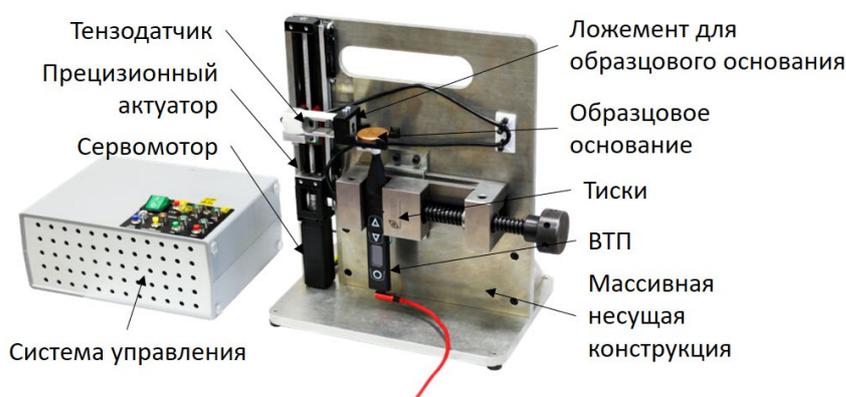


Рис. 1. Конструкция установки-имитатора толщины покрытия.

Проведено исследование погрешности УИТП с применением средств измерения высокого класса точности – инкрементного преобразователя линейных перемещений Sylcom P12D HR.

Оценена погрешность УИТП, определяемая её конструктивными особенностями:

- погрешность выставления нуля характеризуется постоянным смещением от 5 до 15 мкм, определяемым весом ОО, прецизионность имеет размах 1,1 мкм и СКО 0,2 мкм;
- гистерезис перемещения каретки составляет 3...4 мкм и определяется весом ОО;
- дифференциальная нелинейность составляет ± 3 мкм;
- влияние остальных источников погрешности исчезающе мало.

Для устранения влияния упомянутых источников погрешности УИТП процедура градуировки ВТП имеет следующие особенности:

- для устранения влияния погрешности выставления нуля производится вычисление действительного значения нуля путем анализа тренда сигнала ВТП;
- для устранения влияния гистерезиса применяется заблаговременное перемещение каретки, выбирающее гистерезис, с последующим монотонным перемещением ОО;
- для устранения влияния дифференциальной нелинейности применяется калибровка винта ШВП и компенсация его погрешности в процессе градуировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 2360-2021 Неэлектропроводящие покрытия на немагнитных электропроводящих металлических основаниях. Измерение толщины покрытия. Амплитудный вихретоковый метод.
2. Syasko M. и др. Technique for Multi-Parameter Signal Processing of an Eddy-Current Probe for Measuring the Thickness of Non-Conductive Coatings on Non-Magnetic Electrically Conductive Base Metals // Appl. Sci. 2023. V. 13. P. 5144.