

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ  
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД  
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ  
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

VI Национальная научно-практическая конференция  
(Казань, 10-11 декабря 2020 г.)

Материалы конференции

В двух томах

Том 1

Казань  
2020

УДК621.313  
ББК31.261  
П75

Рецензенты:

д-р техн.наук, зав. кафедрой электропривода и электротехники  
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В.Г. Макаров  
канд.техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей  
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В.В. Максимов

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова,  
О.В. Козелков, О.В. Цветкова

**П75**      **Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве:** матер. VI Национальной науч.-практ. конф. (Казань, 10–11 декабря 2020 г.): в 2 т./редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2020. Т. 1. 453 с.

ISBN978-5-89873-572-2 (т. 1)  
ISBN978-5-89873-571-5

Опубликованы материалы VI Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.
5. Промышленная электроника на объектах ЖКХ и промышленности.
6. Светотехника.
7. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.
8. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем.
9. Контроль, автоматизация и диагностика электроустановок, электрических станций и распределительной генерации.
10. Теплоснабжение в ЖКХ.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313  
ББК 31.261

ISBN978-5-89873-572-2 (т. 1)  
ISBN978-5-89873-571-5

© Казанский государственный энергетический университет, 2020 г

## КАЛИБРОВКА ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ МЕТОДОМ СЛИЧЕНИЯ

Алик Альбертович Мукатдаров<sup>1</sup>, Александр Евгеньевич Кондратьев<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
<sup>1</sup>alik111197@gmail.com, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассматриваются методика проведения калибровочных мероприятий методом сличения. Оцениваются достоинства и недостатки данного метода по сравнению с существующими.

**Ключевые слова:** принцип сравнения, виброакустическая диагностика, амплитуда, колебания, точность исследования.

## CALIBRATION OF PIEZOELECTRIC SENSORS BY COMPARISON

Alik Albertovich Mukatdarov, Aleksandr Evgenyevich Kondratyev

**Annotation:** The article discusses the method of carrying out calibration measures by the comparison method. The advantages and disadvantages of this method are evaluated in comparison with the existing ones.

**Keyword:** Comparison principle, vibroacoustic diagnostics, amplitude, oscillations, research accuracy.

Калибровка пьезоэлектрических датчиков является неотъемлемой частью процедуры подготовки диагностических средств измерений к проводимым исследованиям. Задаваясь целью калибровки датчика, становится необходимым определение его чувствительности в рабочем диапазоне частот и амплитуд в направлении оси чувствительности датчика, т.е. определение коэффициента передачи, амплитудной характеристики, АЧХ и ФЧХ. Одним из методов калибровки пьезоэлектрических преобразователей является метод сличения. [1]

Данный метод основан на принципе сравнения. Откалиброванный датчик можно использовать в качестве эталонного (образцового) для калибровки другого датчика путем сопоставления сигналов с датчиков, подверженных действию одинаковой вибрации. В методе сличения для задания одинаковых движений контрольного и калибруемого датчиков их устанавливают на стол вибратора, задают виброускорение (виброскорость, вибросмещение) определенной амплитуды и регистрируют отклики контрольного и калибруемого датчиков. Если амплитудные характеристики датчиков, измеряющих один и тот же параметр вибрации (например, ускорение), линейны, то чувствительность определяют по результатам измерения вибрации контрольным датчиком и выходному сигналу калибруемого датчика. Определение чувствительности

калибруемого датчика  $S_A(k)$  сводится к получению отношения снимаемых в одинаковых условиях напряжений с калибруемого датчика  $u$  и с контрольного датчика:  $u_k$

$$S_A(k) = \frac{u}{u_k} S_k(k) \quad (1)$$

где  $S_k(k)$  – чувствительность контрольного датчика.

При калибровке пьезодатчиков и виброизмерениях с откалиброванными пьезодатчиками необходимо учитывать, что чувствительность пьезодатчика зависит от емкости соединительного кабеля, связывающего датчик и виброизмерительный прибор. Поэтому при изменении длины кабеля, подключаемого к одному и тому же датчику, процедуру определения чувствительности датчика или калибровки канала с датчиком следует повторить. [2]

Из равенства параметров измеряемой вибрации для обоих датчиков получают соотношение пересчета для определения чувствительности калибруемого датчика.

Основным достоинством данного метода является его простота и доступность. Имея эталонный датчик и необходимую установку, не составит огромного труда откалибровать исследуемый преобразователь. Главным недостатком данного метода является невысокая точность по сравнению с абсолютными методами, особенно с методом основанным на измерении задаваемой амплитуды перемещения и частоты вибрации. [3]

Таким образом, метод сличения является одним из самых доступных методов для подготовки измерительной аппаратуры к проведению виброакустических исследований. [4]

### **Источники**

1. Вибростенд для калибровки пьезодатчиков: пат. 178307 Рос. Федерация № 2017127383; заявл. 31.07.2017; опубл. 29.03.2018, Бюл. № 10.
2. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Костылева Е.Е., Загретдинов А.Р. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 79-86.
3. Мукатдаров, А.А. Неразрушающий контроль металла/ А.А. Мукатдаров // В книге: Тинчуринские чтения. Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. 2018. С. 191-193
4. Мукатдаров А.А. Методы калибровки пьезоэлектрических датчиков / XV международная молодежная научная конференция по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу творчество молодых»-2020.