

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Клячкина В.Н.
на диссертационную работу Федосова Ивана Игоревича,
«Алгоритмы обработки информации для самодиагностики термоэлектрических преобразователей в АСУ ТП», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

1. Актуальность темы диссертационной работы

Измерения в промышленности играют важнейшую роль для обеспечения непрерывной работы производства и качества выходного продукта. Наиболее распространенным средством измерения температуры в промышленности являются термопары. Однако под влиянием воздействующих факторов технологических процессов свойства материалов термопар изменяются и погрешность измерения термопар возрастает.

Анализ существующих решений, проведенный автором диссертационного исследования, позволил выявить несколько существующих подходов по формированию и обработке дополнительной информации для самодиагностики термопар. При этом данные подходы имеют ограниченную применимость в промышленных приложениях, а также слабую разработанность применяемых алгоритмов обработки информации.

Таким образом, разработка алгоритмов обработки информации для повышения достоверности измерения температуры и самодиагностики термопар в АСУ ТП является актуальной задачей как для промышленных приложений, так и в целом для решения задач системного анализа в области измерительной техники.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

В диссертации выполнен подробный обзор и анализ современного состояния проблем и подходов в области самодиагностики средств измерений, что позволило определить направление исследований, корректно поставить цель и задачи работы.

В работе представлен ряд новых научных положений: методика получения дополнительной информации на основе четырехэлектродной измерительной схемы термоэлектрического преобразователя (ТЭП), имитационная модель ТЭП и методика валидации имитационной модели, методы обработки информации для формирования результата измерения, вектора диагностических признаков и статуса для каждого измерения с использованием четырехэлектродного ТЭП.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы подтверждается корректным применением теоретических методов системного анализа и имитационного моделирования, результатом имитационного моделирования и статистической проверкой разработанных методов обработки

информации на имитационной модели, экспериментальной проверкой адекватности предложенных модели и алгоритмов обработки информации.

Основные результаты диссертации представлены в публикациях ВАК и Scopus. Также получен патент на полезную модель четырехэлектродной измерительной схемы ТЭП и патент на изобретение, описывающий способ определения достоверности результатов измерения ТЭП.

На основании изложенного считаю, что основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, обоснованы и достоверны.

3. Научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследования

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в разработке ряда моделей и методов, позволяющих оценить достоверность измерения температуры с использованием термоэлектрического преобразователя.

1. Разработана имитационная модель и алгоритм формирования ансамбля синтетических данных для двухпроводной и четырехпроводной измерительных схем ТЭП, позволяющие воспроизводить фактические статические характеристики ТЭП с задаваемой степенью отклонения от номинальных характеристик для последующего использования синтетических данных при разработке методов самодиагностики ТЭП.

2. Предложен метод валидации имитационной модели и алгоритма формирования ансамбля синтетических ТЭП на основе метода коррелированной проверки с использованием непараметрического статистического критерия Лемана-Розенблатта.

3. Разработаны методы обработки измеряемых ТЭДС в четырехэлектродном ТЭП, позволяющие сформировать результат измерения, устойчивый к дрейфу характеристик отдельных термоэлектродов, а также выделить вектор диагностических признаков для самодиагностики четырехэлектродного ТЭП.

4. Разработана методика формирования статуса для каждого измерения четырехэлектродного ТЭП и предложена система из трех статусов «подтвержденный», «ориентирующий» и «недостоверный», каждый из которых характеризует достоверность полученного результата измерения ТЭП относительно уровня допустимых отклонений.

Теоретическая значимость работы заключается в новой имитационной модели, позволяющей получить различные варианты отклонений фактической статической характеристики термоэлектрического преобразователя от номинальной характеристики с задаваемой величиной погрешности. Адекватность модели проверена на основе предложенной процедуры валидации с использованием исторических экспериментальных данных для термопар хромель-алюмель, а также экспериментальных данных для предложенной четырехэлектродной измерительной схемы хромель-алюмель-нихросил-нисил.

Практическая значимость работы состоит в разработанных алгоритмах обработки информации для четырехэлектродного термоэлектрического преобразователя, позволяющих оценивать достоверность каждого получаемого измерения ТЭП. При этом настройка параметров метода назначения статусов осуществляется с

использованием синтетических данных и не требует индивидуальной калибровки каждого ТЭП перед началом эксплуатации. Работоспособность разработанных алгоритмов формирования результата измерения и статуса для четырехэлектродного ТЭП подтверждена экспериментально. Результаты диссертации внедрены в АО НИИ НПО «ЛУЧ» (Росатом) для задач контроля температуры объектов использования атомной энергии.

4. Замечания по диссертационной работе

1. При решении задачи нелинейной регрессии недостаточно обосновано применение метода Левенберга-Марквардта и выбор параметра регуляризации (стр. 46-48), на стр. 59 приведены лишь значения лямбда 0,1; 0,01 и 0,001 – почему именно такие?

2. При формировании ансамбля синтетических данных для валидации имитационной модели не указано, проводилось единичное испытание модели или были выполнены повторные испытания (стр. 54-63).

3. Для оценки подобию синтетических и экспериментальных данных использован метод корреляционной проверки со ссылкой [78], однако в отечественной литературе такой метод нам не встречался (стр. 52-53): возможно, вследствие неточного перевода. Использован критерий Лемана-Розенблатта (стр. 55), а почему не Андерсона-Дарлинга? Представлял бы интерес сравнения результатов по этим критериям.

4. В предложенном векторе диагностических признаков элементы вектора G_1 и G_2 имеют высокий коэффициент корреляции, и автор отмечает необходимость использования одного из них (стр. 96), однако, в итоговом алгоритме оценки статуса результата измерения используются оба элемента (стр. 102).

5. При оценке статуса результатов измерений можно было бы использовать методы нечеткой логики (стр. 111-115).

6. В описании планирования экспериментов нет матриц проведенных экспериментов, не ясно использовался полный или дробный эксперимент, структура эксперимента (стр. 119-135).

5. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Приведенные выше замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. В диссертационном исследовании автором приводится теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение полученных результатов. Все результаты представлены на научных конференциях и опубликованы в ведущих научных журналах.

Представленная к защите диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеющую практическое значение, в том числе для контроля температуры объектов использования атомной энергии. Также, предложенные в работе методы и модели могут быть использованы для решения задач системного анализа в области измерительной техники.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» по следующим пунктам

