

процесс динамометрирования требует стабильного хода рабочего органа по глубине, на навесной системе 5 предусмотрен регулировочный винт 6. Не исключается возможность измерения с использованием подпружиненной штанги вместо регулировочного винта. Оператор с персональным переносным компьютером располагается на сиденье 9.

Каретка 4 перемещается по четырем направляющим на восьми подшипниках. Усилие, необходимое для холостого перемещения каретки 4 при горизонтальном расположении саней составляет всего 1,00...1,50 Н, что незначительно влияет на точность измерения. Во избежание возникновения продольных составляющих реакции рабочего органа и увеличения погрешностей за счет перекаса каретки, измерения проводится преимущественно на прямолинейном участке.

Таким образом, разработанные способ и сани для измерения тягового сопротивления рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин отличаются плавностью хода и стабильными характеристиками, может быть использованы при изучении вновь проектируемых образцов, а также для проведения лабораторных работ в ВУЗах.

УДК 681.586(075)

РАЗРАБОТКА ТЕНЗОРЕЗИСТОРНЫХ ДАТЧИКОВ С Пониженной ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТЬЮ DEVELOPMENT OF TENZORESISTOR SENSORS WITH REDUCED TEMPERATURE INACCURACY

Д. А. Солуянов, В. А. Тихоненков
D. A. Soluyanov, V. A. Tihonenkov

Ульяновский государственный технический университет
Ulyanovsk state technical university

Circuit methods of compensating of temperature inaccuracy of tenzo-resistor sensors are offered. In offered methods nonlinearity of a temperature characteristic is considered. Nominal of compensation elements is calculated on the basis of measurements of an output sensors signal at different temperatures that allow to eliminate measurement of physical parameters of constructive elements of sensor.

Современные системы контроля и управления предъявляют высокий спрос к средствам измерений, требуют высокой точности и стабильности. Широкое распространение получили тензорезисторные датчики. Датчики давления, предлагаемые в рамках рассматриваемого проекта, могут использоваться в различных отраслях промышленности, среди которых, в качестве примера, можно выделить медицину, авиакосмическую промышленность, электроэнергетику с ее ГЭС и АЭС, использующими системы управления и автоматики, ЖКХ и газо-, нефтедобываю-

щая промышленность, которые ведет учет энергоносителей и так далее.

Одним из наиболее мощных дестабилизирующих факторов в процессе эксплуатации данных датчиков является температура. Компенсация погрешностей, вызванных температурной чувствительностью тензорезисторов, является одной из основных и приоритетных задач при разработке и изготовлении тензорезисторных датчиков.

На практике применяются различные способы компенсации температурных погрешностей тензорезисторных датчиков. Существует схемный метод компенсации аддитивной и мультипликативной составляющей температурной погрешности, который заключается в ведении в измерительную цепь датчика компенсационного термозависимого или термнезависимого резистора [1]. Данный метод не учитывает нелинейность температурной характеристики тензорезисторов в рабочем диапазоне температур, что приводит к дополнительной температурной погрешности. Статистика по наличию дополнительной температурной погрешности тензорезисторных датчиков, обусловленной нелинейностью температурной характеристики показывает, что погрешности находятся на уровне допустимых значений температурных погрешностей (5—10 % при использовании металлопленочных датчиков и более 20 %— в случае полупроводниковых).

Для исключения данного недостатка был разработан второй способ, основанный на применении двух каналов: информационного и температурного. Данный подход позволяет произвести полную компенсацию температурной погрешности с учетом нелинейности температурной характеристики разбаланса и выходного сигнала датчика. Для последнего метода характерны недостатки:

- 1) усложнение измерительной схемы из-за наличия двух измерительных каналов;
- 2) высокие требования к точности и стабильности канала измерения температуры;
- 3) разница температур, достигающая десятки градусов, между среднеинтегральной температурой тензорезисторов измерительного канала и схемой канала измерения температуры;
- 4) значительная температурная погрешность при нестационарных тепловых режимах эксплуатации из-за разности температур измерительного и температурного канала.

Для исключения недостатка последнего метода разработан метод. В качестве датчика температуры выступает сама мостовая схема измерительного канала. Из-за селективности датчика к информативному параметру, чувствительность к температуре температурного канала на 1—2 порядка ниже, чем в случае второго метода. Это в свою очередь снижает нижний порог чувствительности температурного канала, а его погрешность не может быть получена менее 0,5 С. Как следствие, не может быть обеспечена требуемая точность компенсации температурной погрешности датчиков, класс точности которых меньше 0,1%.

Погрешность компенсации последними двумя методами будет зависеть от количества точек разбиения всего температурного диапазона, в которых производится съём выходного сигнала в процессе аттестации датчика. Данные точки раз-

бияния рабочего диапазона температур зашиваются в память датчика и используются в процессе измерения. В процессе измерения выходной сигнал с датчика представляется в виде суммы начального разбаланса и сигнала от информативного параметра (который нам неизвестен, а температурные уходы чувствительности в процессе аттестации определяются только для номинального значения измеряемого параметра), что требует разработки корректной методики расшифровки, которая не будет вносить дополнительную погрешность в процессе расчета.

По данным причинам производится разработка схемных методов компенсации температурной погрешности с учетом нелинейности, которые позволят раздельно компенсировать аддитивную и мультипликативную составляющие, будут лишены недостатков последних двух методов компенсации температурной погрешности.

В разрабатываемых методах компенсация будет включать два этапа:

- 1) линеаризация температурных характеристик начального разбаланса и выходного сигнала датчика схемными методами;
- 2) компенсация температурных погрешностей существующими схемными методами компенсации, с учетом того, что температурные характеристики начального разбаланса и выходного сигнала будут иметь уже линейную зависимость от температуры.

Скомпенсированная подобными методами температурная погрешность:

- 1) позволит значительно упростить аттестацию датчика, так как испытания необходимо будет проводить только в двух крайних точках рабочего температурного диапазона;
- 2) может быть обеспечена требуемая точность компенсации температурной погрешности с учетом нелинейности температурных характеристик как начального разбаланса, так и выходного сигнала;
- 3) может быть исключена разность температур в процессе измерения между измерительной схемой и термозависимыми компенсационными элементами, при установке последних в зоне установки тензорезисторов на упругом элементе (УЭ);
- 4) отпадает необходимость изготовления второго измерительного температурного канала с повышенной чувствительностью и точностью;
- 5) в связи с тем, что компенсация осуществляется автоматически схемными методами, отпадает необходимость разработки корректной методики расшифровки и тем самым исключается возможность внесения дополнительной погрешности в результат расшифровки.

Схемные методы компенсации температурной погрешности тензорезисторов с учетом нелинейности позволят создать импортозамещающие датчики давления, для которых будут характерны улучшенные технико-экономические характеристики.

Предлагаемые способы компенсации температурной погрешности тензорезисторных датчиков в микроэлектронном исполнении, основаны на расчете компенсационных резисторов через физические параметры материалов упругого элемента и тензорезисторов. Однако использование данных способов при на-

стройке датчиков в процессе производства имеют ряд недостатков. Для определения значений компенсационных элементов необходимо знать целый ряд физических параметров элементов, входящих в состав датчика, таких как температурный коэффициент сопротивления материала тензорезистора, температурные коэффициенты линейного расширения тензорезистора и упругого элемента; коэффициент тензочувствительности и температурный коэффициент тензочувствительности тензорезисторов, установленных на упругом элементе; температурный коэффициент модуля упругости материала упругого элемента; температурный коэффициент сопротивления компенсационных элементов и другие. Как правило, данную информацию можно получить из сертификатов на применяемые материалы, однако существующие технологические разбросы при изготовлении этих материалов не позволяют использовать данную информацию, в силу значительных разбросов, получаемых при определении значений компенсационных элементов. Поскольку датчики выполняются с применением микроэлектронной технологии, данная информация в отношении тензорезисторов может быть значительно искажена в процессе изготовления. Поэтому, чтобы использовать предлагаемые способы компенсации температурной погрешности, необходимо осуществить экспериментальное определение требуемых параметров элементов, входящих в состав датчика.

Однако экспериментальное определение физических параметров элементов измерительной схемы датчика представляет определенную сложность.

Во-первых, это чисто конструктивные и технологические затруднения, связанные с тем, что:

- определение всех физических параметров, как элементов измерительной схемы, так и компенсационных элементов, необходимо проводить в собранном датчике;
- определение всех физических параметров отдельных элементов требует, как правило, нарушение электрических связей в собранном датчике, что может привести к значительному ухудшению метрологических характеристик.

Во-вторых, прямые методы измерения этих параметров, кроме большой трудоемкости, не обеспечивают требуемую точность. Так, например, при измерении температурного коэффициента сопротивления тензорезисторов порядка $1 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ с точностью до 5% требуется замер сопротивления номиналом 1000 Ом при перепаде температур в 50°C с точностью до 0,025 Ома, что составляет точность измерения 0,0025% и требует применение специальных методов измерения.

Поэтому, с целью адаптации предлагаемых способов компенсации температурной погрешности к существующему производству необходимо производить не прямое измерение физических параметров конструктивных элементов датчика, а измерение выходных сигналов датчика при различных температурах [1]. Это не только упрощает настройку датчиков, но и переход к реализации выходных сигналов датчика, как минимум, на два порядка повышает точность измерения, а соответственно расчета и компенсации температурных погрешностей.

Предложенные методы позволяют получить в едином технологическом цикле изготовления полностью скомпенсированный по температурной характеристике

тензорезистивный датчик давления, что с учетом малой температурной зависимости позволит отказаться от индивидуальной тарировки датчиков при их изготовлении, от датчиков импортного производства и снизит стоимость продукции на 10—40%.

Таким образом, в настоящей работе предлагаются принципиально новые подходы к решению вопроса минимизации температурной погрешности тензорезисторных датчиков схемными методами с учетом нелинейности температурных характеристик начального разбаланса и выходного сигнала с одновременной адаптацией разработанных способов к условиям производства. Оригинальность научных и технических решений в данной работе может быть подтверждена количеством подачи предполагаемых заявок на изобретения. Так по предлагаемой работе подано восемь заявок на изобретения, по четырем из которых получены положительные решения, и намечено к подаче еще не менее 10 заявок.

Литература:

1. Тихоненков В. А., Тихонов А. И. Теория, расчет и основы проектирования датчиков механических величин: учебное пособие/ В. А. Тихоненков, А. И. Тихонов.— Ульяновск: УлГТУ, 2000.— 452 с.

УДК 624.161

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД ANALYSIS OF MAJOR CONTAMINATION OF SEWAGE

М.С. Сорокин, А.А. Павлушин
M. Sorokin, A. Pavlushin
ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА»
Ulyanovsk state academy of agriculture

Articulated the value of water as a vital natural resource. The main types of pollution of wastewater.

Вода - ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для бытовых потребностей человека, всех растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания.

Рост городов, бурное развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой.

Потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км³.