

ность текущей точки поля к одной из выделенных аномалий определяется по расстоянию по оси сопротивлений между рассматриваемой точкой и смежными с ней точками уже выделенных аномалий.

Выравнивающая коррекция необходима для адаптивной фильтрации ступенчатообразных искажений на границах контрастных аномалий, которая обычно сохраняется после применения процедуры нормализации геофизического поля. Функции коррекции точек, расположенных вдоль границы искажения, определяются исходя из изменения уровня удельного сопротивления при переходе через границу. Пересчет точек, лежащих внутри «искаженной» области, производится по результатам коррекции уже обработанных точек как взвешенное среднее значение функций коррекции соседних скорректированных точек в пределах некоторого окна усреднения. При этом большим весом будут обладать функции коррекции близлежащих точек, а также точек, находящихся в пределах одной аномалии с корректируемой. В результате устранение искажения на границах смежных планшетов производится при минимальных изменениях данных внутренних областей (рис. 3, б).

Заключение

Разработанная методика позволяет эффективно корректировать искажения данных малоглубинной электроразведки, вызванных влиянием различных факторов. Отличительной особенностью является

адаптивный подход, при котором учитывается причина возникновения искажений. Предложенная методика реализована в виде программного продукта, что позволяет проводить обработку данных в полуавтоматическом режиме.

Библиографические ссылки

1. Геоэкологическое обследование предприятий нефтяной промышленности / под ред. В. А. Шевнина и И. Н. Модина. – М. : РУССО, 1999.
2. Дахнов В. Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. – М. : Недра, 1982. – 340 с.
3. Догадин С. Е. Методика определения характера искажений малоглубинной электроразведки // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. науч. тр. – Ижевск : ИжГТУ, 2011.
4. Журбин И. В., Коровин А. С. Предварительная обработка результатов измерений в малоглубинной геофизике // Геоинформатика. – 2007. – № 1.
5. Электрическое зондирование геологической среды. Ч. II / под ред. В. К. Хмелевского, В. А. Шевнина. – М. : Изд-во МГУ, 1992.
6. GEOPLOT, Instruction Manual, Geoscan Research. – URL: <http://www.geoscan-research.co.uk> (дата обращения: 02.09.2011).
7. Somers L. E., Hargrave M. L., Simms J. E. Geophysical Surveys in Archaeology: Guidance for Surveyors and Sponsors. – Engineer research and development center, Construction engineering research laboratory. ERDC/CERL SR-03-21, 2003. – 122 p.

S. E. Dogadin, Postgraduate Student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

I. V. Zhurbin, Doctor of Science (History), Candidate of Technical Sciences, Physicotechnical Institute of Udmurt Center of UB RAS

The Filtration Technique for Resistivity Survey Data: Requirements and Implementation

The step-like data distortions of the low-depth geophysical research are considered. The technique uses selective approach, which allows to identify the reason of distortions and to select the appropriate correction method.

Key words: step-like distortion, normalization, anomaly.

УДК 621.43.016.4(031)

В. А. Куликов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

В. Н. Сяктерев, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ГРАДУИРОВКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОРШНЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Представлена методика градуировки многоканальной автоматизированной системы измерения температуры поршня двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: поршень двигателя внутреннего сгорания, измерение температуры, бесконтактная передача, градуировка.

Для сокращения сроков разработки двигателей внутреннего сгорания (ДВС) создаются системы автоматизированного проектирования,

которые наряду с другими включают модели теплопередачи в ДВС. В большинстве этих моделей в качестве априорной информации необходимо исполь-

зование экспериментальных данных о тепловом состоянии деталей и характеристиках рабочего процесса. Однако получение таких данных в объемах, необходимых для применения в моделях, представляет значительные трудности. Это связано с несовершенством техники проведения теплофизического эксперимента на ДВС и в частности методов и аппаратуры измерения температуры подвижных деталей. При этом наиболее сложной является задача автоматизации измерения температуры поршня.

Структурная схема разработанной системы, предназначенной для автоматизации многоканальных безэлектроконтактных измерений температуры поршня, приведена на рис. 1 [1, 2].

Система состоит из блоков передающей части, расположенных на поршне ДВС, стационарно установленной приемной части и источника энергоснабжения передающей части.

Функциональные блоки передающей части – промежуточный преобразователь (ПП) и стабилиза-

тор напряжения (СН) расположены непосредственно на поршне двигателя. К ПП подключены первичные измерительные преобразователи (ПИП) температуры в сопротивление типа СТ1-19. ПП поочередно преобразует сопротивление ПИП в длительность временных интервалов, обеспечивая временное разделение каналов.

Информация с выхода ПП передается в приемную часть по оптическому каналу связи (ОКС), образованному подключенным к выходу ПП, излучающим диодам и диодным фотоприемникам, установленным на входе приемной части. В ОКС информация о температуре в различных точках поршня представлена в длительности временных интервалов между спадами оптических импульсов.

Питание ПП обеспечивает стабилизатор напряжения, который питается от стационарного генератора высокой частоты по энергетическому каналу связи. Энергетический канал связи реализован на основе индукционного способа передачи энергии.

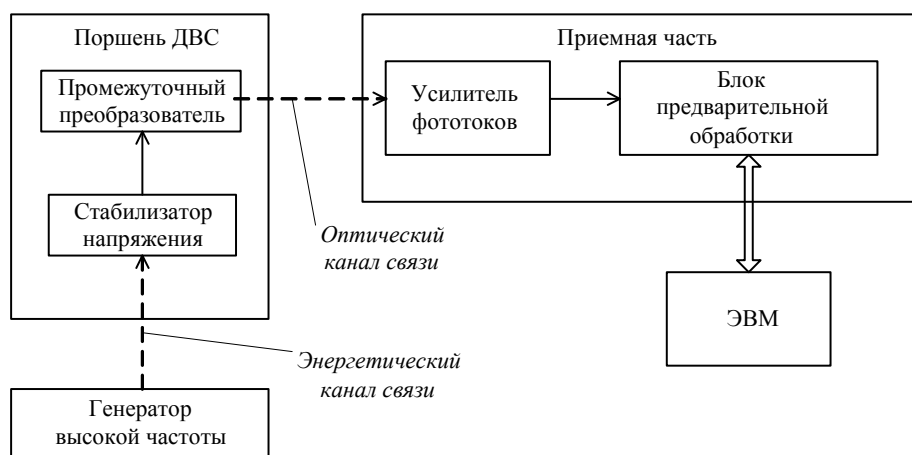


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы измерения температуры поршня ДВС

Приемная часть системы включает усилитель фототоков и блок предварительной обработки, связанный с ЭВМ.

Усилитель фототоков предназначен для усиления сигнала с выхода фотоприемника и передачи его в блок предварительной обработки. В блоке предварительной обработки производится дешифрование номера измерительного канала, измерение временных информационных интервалов (преобразование в код) и запись кодов в буферное запоминающее устройство для последующей передачи в ЭВМ. ЭВМ производит в реальном масштабе времени преобразование информационных кодов в температуру в точках измерений, сохраняет результаты измерений и выводит на дисплей.

Таким образом, система представляет собой цепь последовательно включенных блоков, осуществляющих преобразование величин, используемых для представления информации. Можно выделить четыре основных блока: ПИП, ПП, БПО и ЭВМ. В первых трех блоках аппаратно реализованы функции преобразования температуры в сопротивление, со-

противления в длительность временного интервала и длительности интервала в код [3]. В четвертом блоке программным путем осуществляется обратный переход от кода к температуре.

Для того чтобы ошибка измерений была минимальной, необходимо минимизировать ошибки преобразования каждого из блоков. Поскольку последнее преобразование, осуществляемое ЭВМ, задается не жестко (программно) и может корректироваться на этапе подготовки измерений, нет необходимости реализовать предшествующие ЭВМ блоки с заранее заданной точностью преобразования. Достаточно лишь точно определить функции их преобразования и соответственно им скорректировать программу ЭВМ.

Процесс определения функции преобразования блоков или системы в целом называется градуировкой.

Во многих случаях производят градуировку всего измерительного тракта системы. Однако в разработанной системе целесообразно проводить отдельную градуировку ПИП и ПП. Это объясняется тем, что в отличие от других блоков системы ПИП явля-

ются элементами одноразового использования. Кроме того, не связанная с конкретным каналом ПП градуировка ПИП позволяет оптимально выбрать схему их разводки по поршню и подключения к контактам каналов ПП.

Градуировка ПИП производится с использованием термостата с максимальной температурой в рабочей зоне не менее 340 °С, например, термпарного измерителя температуры и цифрового омметра с пределом измерений не менее 10 МОм. Градулируемые ПИП и чувствительный элемент измерителя температуры помещаются в зону нагрева термостата, их выводы изолируются фторопластовыми или керамическими трубками и выводятся наружу. При достижении заданных значений температуры производится измерение сопротивления ПИП. Результаты заносятся в таблицы.

Градуировочная характеристика ПИП аппроксимируется функцией

$$R_t = R_\infty e^{\frac{B}{T}}, \quad (1)$$

где R_t и T – сопротивление, Ом, и температура, К; B и R_∞ – постоянные коэффициенты.

Коэффициенты B и R_∞ определяются по двум значениям в таблице путем решения системы уравнений

$$\begin{cases} R_{m1} = R_\infty e^{\frac{B}{T_1}}, \\ R_{m2} = R_\infty e^{\frac{B}{T_2}}. \end{cases} \quad (2)$$

Выражение (1) является приближенным. Для того чтобы ошибка аппроксимации характеристики ПИП не превышала 1 градус, необходимо, чтобы температуры в смежных точках градуировки (T_1 , T_2) не отличались более чем на 50 градусов. Таким образом, градуировочная таблица ПИП в диапазоне измеряемых температур от 80 до 340 °С должна содержать не менее 6 точек с шагом не более 50 градусов.

Для градуировки ПП используются эквиваленты ПИП – прецизионные резисторы С2-36, подключаемые на вход ПП. Конструктивно резисторы размещены в блоке поверки системы. Значения сопротивлений эквивалентов покрывают диапазон сопротивлений ПИП, соответствующий диапазону измеряемых температур, и составляют 1 кОм; 5,76 кОм; 10 кОм; 20,8 кОм; 46,4 кОм; 75 кОм; 180 кОм; 698 кОм; 1651 кОм; 3 МОм. Градуировка ПП проводится поканально с использованием блока поверки, в который устанавливается градулируемый ПП.

После проведения градуировки значения интервалов по всем каналам, соответствующие конкретному сопротивлению эквивалента, усредняются. Строится таблица градуировки ПП с указанием значений сопротивлений эквивалентов и усредненных выходных интервалов ПП.

Характеристика ПП аппроксимируется аналитической функцией, полученной из анализа электрической схемы ПП:

$$t = K \left[\frac{(R_m + R_2)R_1}{R_1 + R_2 + R_m} + R_2 \right], \quad (3)$$

где t – выходной интервал ПП; K , R_1 , R_2 – коэффициенты аппроксимации.

Коэффициенты K , R_1 и R_2 подбираются по критерию минимизации среднеквадратического отклонения функции от экспериментальных значений в точках градуировки. Для этого используется модифицированный алгоритм половинного деления:

1. Вблизи ожидаемых значений задаются два граничных значения коэффициентов K , R_1 и R_2 , и определяются средние между граничными значениями. В результате формируются три значения каждого коэффициента.

2. Образуются комбинации из всех заданных значений, и для каждой комбинации рассчитываются среднеквадратические отклонения функции (3).

3. Определяется комбинация, дающая минимальное отклонение.

4. Соответствующие ей значения коэффициентов принимаются как средние, относительно которых находятся новые граничные значения, отстоящие от средних на половину исходного расстояния.

5. Производится возврат к пункту 2.

Таким итерационным методом уточняются значения коэффициентов аппроксимации до тех пор, пока расстояние между граничным и средним значением каждого коэффициента не уменьшится до заданной величины. Практически оказывается достаточно определять коэффициенты R_1 , R_2 с точностью 0,01 кОм, а коэффициент K – с точностью 0,01 1/кОм. Точные значения коэффициентов находятся вблизи $R_1 = 75$ кОм, $R_2 = 2,4$ кОм, $K = 7$ 1/кОм. Поскольку выражение (3) отражает реальный процесс преобразования в ПП, алгоритм дает гарантированную сходимость.

Найденные значения коэффициентов используются в дальнейшем для преобразования временных интервалов в температуру. Для этого последовательно решаются уравнение (2) относительно R_t и уравнение (1) относительно T .

Для проверки разработанной методики градуировки проведены экспериментальные исследования по определению абсолютной погрешности системы измерений температуры поршня в сравнении с эталонным измерителем температуры. В качестве эталонного измерителя температуры применялась термопара хромель-алюмель (ХА), установленная в специальный алюминиевый блок совместно с терморезисторами СТ1-19, подключенными к каналам ПП. За счет высокой теплопроводности алюминия и близкого расположения чувствительных элементов терморезисторов и термопары их температуры совпадают с высокой точностью. Данные, полученные в результате эксперимента, приведены в таблице.

№ п/п	$T(XA), ^\circ C$	$T_1, ^\circ C$	$T_2, ^\circ C$	$\Delta T_1, ^\circ C$	$\Delta T_2, ^\circ C$
1	62	62,8	62,2	-0,8	-0,2
2	82	82,7	83,3	-0,7	-1,3
3	103	102,4	103,3	+0,6	-0,3
4	122	121,1	122,1	+0,9	-0,1
5	140	139,3	140,7	+0,7	-0,7
6	159	159,1	160,2	+0,1	-0,3
7	179	178,5	179,5	+0,4	-0,5
8	200	200,3	201,3	-0,3	-1,3
9	218	217,5	218,5	+0,5	-0,5
10	238	237,5	238,5	+0,5	-0,5
11	260	259,4	260,1	+0,6	-0,1
12	280	278,9	279,8	+1,1	+0,2
13	297,5	297,5	298,2	0	-0,7
14	319,5	318,4	319,8	+1,1	-0,3
15	331	329,9	330	+1,1	+1

Здесь $T(XA)$ – показания термопары; T_1, T_2 – показания системы измерений по каналам 1 и 2; $\Delta T_1, \Delta T_2$ – абсолютные погрешности измерений.

Проведенные статистические измерения показали, что абсолютная погрешность измерений автома-

тизированной системы с использованием разработанного метода градуировки соответствует необходимой точности измерения температуры поршня ДВС и не превышает $\pm 1,5 ^\circ C$.

Использование предложенного отдельного способа градуировки системы, а именно отдельная градуировка ПИП и ПП в целом упрощает трудоемкий процесс калибровки многоканальной автоматизированной системы измерения температуры поршня ДВС.

Библиографические ссылки

1. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Корепанов Ю. В. Многоканальная система для измерений температуры поршня автомобильного дизеля // Науч.-техн. конф. «Ученые ИМИ – производству». – Ижевск : Изд-во ИМИ, 1990. – С. 110.
2. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Корепанов Ю. В. Измерительно-вычислительная система «Поршень» // Дискретные системы обработки информации : межвуз. сб. – Вып. 11. – Ижевск : Изд-во ИМИ, 1991. – С. 97–101.
3. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Корепанов Ю. В. Время-экспоненциальные преобразователи в системах ближней телеметрии // Ученые ИМИ – производству : тезисы конф. – Ижевск : Изд-во ИМИ, 1992. – С. 55–58.

V. A. Kulikov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. N. Syakterev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Calibration of Automated System Designed for Temperature Measurement of Internal Combustion Engine Pistons

Method of calibration of multichannel automated system designed for temperature measurement of internal combustion engine piston is presented.

Key words: internal combustion engine piston, temperature measurement, noncontact transmission, calibration.

УДК 681.322

И. З. Климов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ В КАНАЛ СВЯЗИ

Решена задача обнаружения вторжений на канальном уровне. В качестве критерия обнаружения использовано статистическое расстояние Бхаттачария. Определены информационные последовательности, структура которых практически постоянна во временном интервале передачи сообщения. Приведены результаты расчетов выбранного показателя вторжения в канал связи.

Ключевые слова: обнаружение, канал, статистическое расстояние, временной интервал, расчет показателя, вторжение.

Наиболее точными методами оценки информационной безопасности используемого канала связи являются методы, основанные на тестовых последовательностях. Однако во многих случаях их невозможно применить из-за необходимости расхода дополнительного времени на получение такой оценки и ее частого обновления в нестационарных каналах связи. Поэтому в ряде случаев контроль вторжения целесообразно проводить по информационным последовательностям, если их структура содержит какие-либо неизменяемые во время сеанса связи параметры. Такие последователь-

ности можно встраивать в передаваемую информацию для оперативного контроля безопасности сети.

К таким практически неизменяемым параметрам относятся: постоянный вес кодовых групп, постоянный средний вес кодовых последовательностей определенной длины, повторяемость кодовых последовательностей или их частей.

В результате вторжения, приводящего к нарушению как конфиденциальности сети, так и несанкционированных воздействий, приводящих к угрозам типа отказа в обслуживании, появляются некоторые отличия в распределениях входных и выходных ин-