

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ СБОРА ДАННЫХ НА БАЗЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Сычев С. Д., зав. группой

ГП «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

39621, г. Кременчуг, ул. И. Приходько, 33

E-mail: Shum_Box@rambler.ru

Статья посвящена проблемам практического использования измерительных комплексов на базе персонального компьютера. Приведены результаты проверки датчиков напряжения и тока, изложены практические рекомендации по оптимизации алгоритмов программного обеспечения для снижения погрешностей, связанных с нелинейностью характеристик датчиков.

Ключевые слова: измерительный комплекс, программное обеспечение, погрешность.

This article is devoted to the problems of the measuring complexes usage on PC base. The results of the checking of the voltage and current sensors are presented here; the practical recommendations for the algorithms software optimization for the decrease of the errors due to the non-linearity of the sensors characteristics are also stated.

Key words: measuring complex, software, errors.

Введение. Измерительные системы, используемые на данный момент в испытательных лабораториях, претерпевают закономерный переход к комплексам на базе персонального компьютера (ПК). Неоспоримыми их преимуществами являются широкие возможности по математической обработке сигналов и систематизации данных измерения, удобство хранения и доступа к записанной информации, возможность исключить субъективный фактор, вносимый оператором при обработке за счет автоматизации данного процесса. При этом разработка и эксплуатация таких измерительных комплексов (ИК) является сравнительно новой и достаточно динамично развивающейся областью, чему способствует многообразие предложений на рынке измерительной техники.

Цель работы - разработка подходов к созданию алгоритмов для ИК на базе ПК, позволяющих повысить точность измерений, снизить их себестоимость и упростить процесс обработки результатов измерения.

Материал и результаты исследования. Измерительные преобразователи (датчики), независимо от физической сущности преобразуемого параметра (температура, влажность, сила тока, напряжение, давление и т.п.), в качестве выходной величины имеют напряжение либо ток определенного уровня, которые изменяются пропорционально входному (измеряемому) сигналу. При этом многие датчики имеют нелинейную характеристику преобразования, что ограничивает диапазон измерения, в котором возможна их работа с заданной точностью. Например, для стрелочных приборов ГОСТами регламентируется измерение в последней трети диапазона, что обуславливает наименьшую погрешность измерения, т.к. в начале шкалы измеряемая величина со-

поставима с погрешностью самого прибора. Однако при применении компьютеризированных измерительных комплексов, зачастую возможно решение данного вопроса путем применения современных типов датчиков, формирования новых подходов при поверке и первичной аттестации датчиков, модификации программного обеспечения.

Процесс поверки датчиков напряжения и тока нередко связан со значительными затратами на покупку либо аренду аппаратуры, позволяющей реализовать с необходимой точностью задание некоторой величины в широком диапазоне, например при поверке датчиков тока с номинальным диапазоном измерения до 1000 ампер. Однако, в некоторых случаях, возможен расчетный метод определения коэффициентов передачи датчиков, что позволяет реализовать первичную аттестацию датчиков при наличии прибора измеряющего сопротивление с высокой точностью. При расчете номиналов резисторов необходимо определить оптимальные диапазоны входного (измеряемого) и выходного напряжений, исходя из конкретной задачи измерения и используемого аналого-цифрового преобразователя (АЦП), на данном этапе особо важно придерживаться рекомендаций производителя оборудования и технических данных датчика. Например, при неверном расчете номинала нагрузочного резистора, возможно следующее:

- превышение диапазона входного сигнала АЦП, что приведет к ограничению сигнала по уровню и, как следствие, искажению результатов измерения;
- перегрузка выходного каскада датчика, приводящая к выходу его из строя;
- при неверно выбранном запасе резистора по мощности (по рекомендации фирмы LEM – необходим 4-х кратный запас по мощности), возможен

уход от номинальной рабочей характеристики датчика вследствие изменения сопротивления резистора при нагреве.

Ниже приведены экспериментальные данные, полученные при поверке датчиков напряжения и тока фирмы LEM (Швейцария). Для проведения экспериментов была собрана испытательная установка, состоящая из источника напряжения (тока), прецизионного измерителя соответствующей величины, датчиков, платы аналогово-цифрового ввода-вывода E330 фирмы L-Card и ПК типа Notebook, с установленным программным обеспечением, позволяющим производить запись сигнала и его последующую математическую обработку.

Особенностью датчиков напряжения компенсационного типа на эффекте Холла (серия LV) является необходимость расчета гасящего (первичного) и нагрузочного (выходного) резисторов для конкретного диапазона измеряемого напряжения. Резисторы, в данном случае, рассчитаны для номинальной работы датчика LV100/SP51 в диапазоне величин напряжения (750...1000) В, при этом максимальное выходное напряжение составляет 2,3 В, что позволяет использовать входной диапазон АЦП $\pm 2,56$ В.

На рис. 1 и 2 показаны полученные экспериментально зависимости коэффициента преобразования 2-х идентичных датчиков от величины входного напряжения и отклонение данного коэффициента от среднего. Коэффициент преобразования рассчитан по формуле:

$$K_{\text{НАПР}} = \frac{U_1}{U_2}, \quad (1)$$

где U_1 - входное (измеряемое) напряжение датчика, U_2 - напряжение на выходе датчика.

Различие величин коэффициентов датчиков (рис. 1) обусловлено отклонением номиналов резисторов от паспортных значений. После проведения опыта, на основании полученных значений коэффициентов, вычисляется среднее значение, которое и используется в качестве рабочего коэффициента при измерениях. Отклонение коэффициентов от среднего значения во всем испытуемом диапазоне рассчитано по формуле:

$$\Delta K_{\text{НАПР } i} = \frac{K_{\text{НАПР } i} - \bar{K}_{\text{НАПР}}}{\bar{K}_{\text{НАПР}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $K_{\text{НАПР } i}$ - текущее значение коэффициента преобразования, $\bar{K}_{\text{НАПР}}$ - среднее значение коэффициента преобразования в рабочем диапазоне измерения.

Погрешность преобразования в исследуемом диапазоне не превышает 0,075 % (рис. 2), что соответствует заявленным производителем параметрам. Следует отметить, что коэффициенты преобразования, полученные на основании расчета при прямом измерении величин сопротивлений, отличаются от полученных экспериментально менее чем на 0,3 %. Данный факт позволяет сделать вывод о практической возможности и целесообразности применения

расчетного метода в случаях, когда создание экспериментальных условий затруднительно, либо связано со значительными материальными затратами.

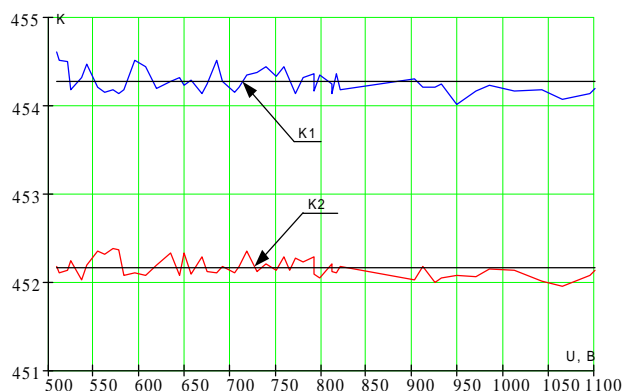


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента преобразования датчиков LEM LV100/SP51

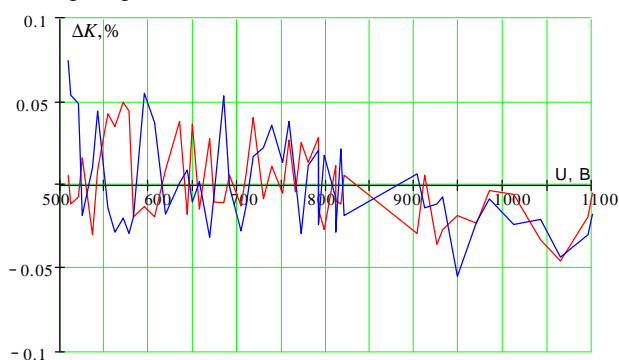


Рисунок 2 – Отклонение коэффициента преобразования датчиков LEM LV100/SP51 от среднего значения

При проведении в лабораторных условиях первичной аттестации многодиапазонных датчиков тока LA25NP, были получены экспериментальные данные, которые позволяют сделать некоторые выводы относительно особенностей применения датчиков в малых диапазонах измеряемой величины. Следует отметить, что данные приборы являются датчиками компенсационного типа и основаны на эффекте Холла, согласно технической документации производителя они имеют точность преобразования $\pm 0,5$ % и нелинейность преобразования менее 0,2 %. Испытательная установка состоит из прецизионного источника тока с выходным диапазоном (0...5) А, двух датчиков LA25NP (один рассчитан на номинальный измеряемый ток 5 А, второй - 25 А).

Ниже приведены результаты экспериментов, при которых источником тока последовательно задавались некоторые величины в цепи исследуемых датчиков. На рис. 3 показаны данные опыта, при котором усиление канала АЦП настроено на диапазон входного сигнала $\pm 5,12$ В, на рис. 2 - $\pm 1,26$ В. По оси абсцисс приведены величины измеряемого тока, по оси ординат – коэффициент преобразования датчиков, рассчитанный по формуле:

$$K_{\text{ТОК}} = \frac{I_1}{U_2}, \quad (3)$$

где I_1 - ток первичной цепи датчика, U_2 - напряжение выхода датчика.

Данный коэффициент используется при переводе выходного кода АЦП в физические величины, следовательно, точность его определения напрямую связана с точностью определения измеряемой величины.

График K1 соответствует датчику, настроенному на диапазон 5 А, K2 – 25 А, при этом, для наглядности отображения, коэффициент датчика 5 А приведен в масштабе 5:1.

Эксперимент показал, что при уровне тока 3 % и ниже от номинального (для датчика 25 А) происходит изменение наклона характеристики преобразования датчика, т. е. изменение линейности преобразования. Данное явление обусловлено несколькими причинами: границей чувствительности датчика по первичной цепи и влиянием шумов АЦП на измеряемый сигнал. Так, для первого случая (рис. 3), при первичном токе менее 0,5 А выходное напряжение датчика с диапазоном измерения 25 А сопоставимо по величине с шумом АЦП (± 2 единицы младшего значащего разряда (МЗР)) и может негативно влиять на результат измерения, увеличивая его погрешность.

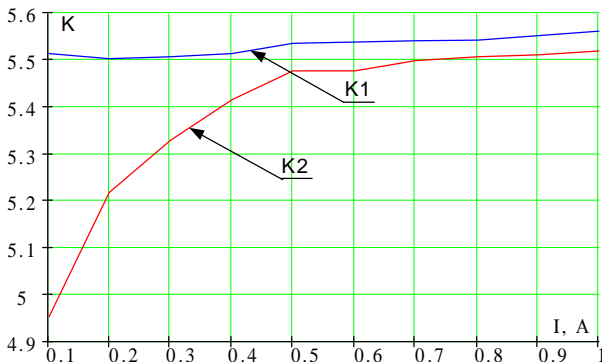


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента преобразования датчика от величины измеряемого тока (диапазон входного сигнала АЦП $\pm 5,12$ В)

Исходя из формулы расчета коэффициента (3) и приняв ток в первичной цепи равным константе, можно сделать вывод об относительном увеличении регистрируемого выходного напряжения датчика вследствие суммирования с ним шумов АЦП. Во втором опыте (рис. 4) входной диапазон АЦП был выбран минимально возможным (вес единицы младшего разряда минимален), что оказало влияние на результаты измерения. При измеряемом токе 0,5 А отклонение от номинального коэффициента преобразования для датчика 5 А изменилось с 0,9 % до 0,36 %, для датчика 25 А – с 2,14 % до 0,6 %. Уклон

характеристики вверх в области малых токов обусловлен конечной чувствительностью первичной цепи датчика. Таким образом, очевидно, что результаты измерения в области малых величин могут иметь значительную погрешность при неверном выборе коэффициента усиления АЦП.

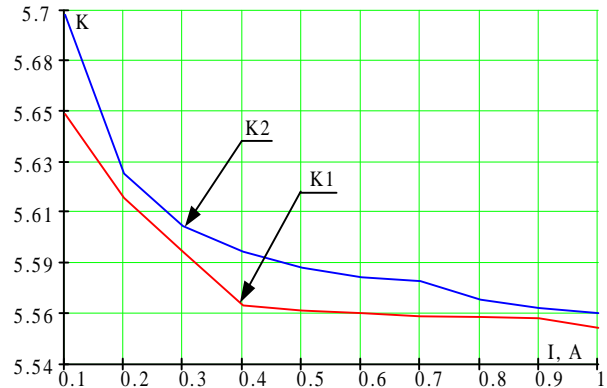


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента преобразования датчика от величины измеряемого тока (диапазон входного сигнала АЦП $\pm 1,26$ В)

Выводы. Пути повышения точности измерения можно разделить на методологические и программные. К методологическим методам необходимо отнести проведение более тщательной проверки датчиков во всем диапазоне измерения с последующим построением графических зависимостей, либо получением аппроксимирующих полиномов, отражающих зависимость коэффициента передачи датчика от измеряемой величины. Программным путем решения является введение в программное обеспечение ИК алгоритмов, позволяющих адаптивно изменять заложенный в программе коэффициент преобразования датчика в зависимости от величины измеряемого сигнала при его математической обработке. Исходными для данного алгоритма являются данные, полученные при статистической обработке результатов проверки каждого конкретного датчика, заданные в виде таблицы, либо математической зависимости.

Внедрение данного подхода при проектировании и технической реализации измерительных систем позволит снизить погрешности связанные с нелинейностью характеристик измерительных преобразователей, в том числе и в области минимальных значений диапазона измерения. Последнее обстоятельство является достаточно актуальным для испытательных центров, которым фактически приходится под каждый новый испытуемый объект приобретать датчики различных диапазонов для обеспечения приемлемой точности измерения. Данный метод сможет расширить диапазон применения датчиков за счет поддержания приемлемой точности в областях малых значений измеряемой величины.

Стаття надійшла 10.04.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Родькіним Д.Й.