



3. Острейковский В.А., Силин Я.В. Применение методов теории катастроф к оценке надежности нефтепромысловых трубопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2011. №11. С. 29-33.
4. Ларин Е.А. Вероятностная модель расчета показателей надежности теплофикационных парогазовых установок в системах теплоэнергоснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2010. №9-10. С. 111-122.
5. Семенов А.А. Комплексный анализ работоспособности газоперекачивающих агрегатов на основе прогноза остаточного ресурса: дис. канд. техн. наук. / ТюмГНУ. – М., 2004 – 134 с.
6. Стребков А., Басманов М., Меньшиков С., Морозов И. Система параметрической диагностики газоперекачивающих агрегатов: современный подход // Деловая Россия: промышленность, транспорт, социальная жизнь. 2011. №7. С. 42-43.
7. Долинина О.Н., Каримов Р.Н. Методы обработки многомерных данных объектов числовой и нечисловой природы // Вестник СГТУ. 2006. №2(12). С. 100-110.
8. Сафонов В.С., Леонтьев Е.В., Щуровский В.А. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов // ОАО «Газпром», 2005.
9. Антропов П.Г., Замоторин В.Н., Захаров В.Н. и др. Учеб. пос. для подготовки и повышения квалификации рабочих и специалистов службы ГКС. – ЮгТрансгаз, Петровск, 2000. – 145 с.

Л.Э. Вилоп

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТИПОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Метрологическая аттестация любого измерительного устройства заключается в определении его метрологических характеристик, включающих в себя функцию преобразования, необходимую для определения значения измеряемой величины при проведении измерений, и точностных характеристик, необходимых для определения возможной погрешности измерения.

В отличие от оценки результата измерения, которая при многократных измерениях может включать в себя среднее значение получаемых результатов и характеристики, показывающие степень отклонений получаемых результатов от этого среднего значения (например, среднеквадратическое отклонение), к точностным характеристикам средства измерения, будь то измерительный прибор, измерительная система или мера физической величины, правомерно отно-



сить только предельные значения возможной погрешности, которую данное средство измерения может внести в результат измерения.

Это обусловлено тем, что пользователя средства измерения, как правило, интересует только максимальное отклонение полученного результата от его истинного значения. Это истинное значение при корректной процедуре метрологической аттестации или поверки используемого средства измерения не может находиться вне интервала получаемых результатов, ограниченного предельными значениями погрешности, которую данное, конкретное средство измерения может внести в получаемый результат.

В отличие от основной погрешности, составляющие которой (погрешность используемой при градуировке меры, погрешность аппроксимации при нелинейной функции преобразования, случайная и вариационная погрешности) определяются по результатам градуировки, экспериментальное определение дополнительной погрешности представляется весьма проблематичным. Так как в конкретном экземпляре средства измерения может подбраться такое сочетание параметров элементов, которое даст заниженное (а то и нулевое) значение дополнительной погрешности. Поэтому, если средство измерения планируется изготовить не в единичном экземпляре, то теоретический расчёт предельного значения дополнительной погрешности обязателен.

Для его выполнения необходимы аналитическое выражение функции преобразования, включающее в себя параметры элементов, вызывающие при изменениях погрешность преобразования, и паспортные значения коэффициента влияния дестабилизирующего фактора, например температуры окружающей среды, на конкретный параметр элемента.

Практика показывает, что определение составляющих дополнительной температурной погрешности большинства используемых в измерительных системах функциональных узлов может производиться по очень простым аналитическим выражениям. Это позволяет выполнять не только экспресс-анализ при разработке измерительной системы, но и оценивать потенциальные возможности того или иного средства измерения при эксплуатации в широком диапазоне температур окружающей среды.

Очевидно, что все эти функциональные узлы являются аналоговыми, и в большинстве современных измерительных систем представляют собой усилители измерительного сигнала и источники питания электронных схем и измерительных цепей, а также источники опорного напряжения аналого-цифровых преобразователей.

Несложно показать, что максимально возможная относительная мультипликативная температурная погрешность неинвертирующего усилителя на операционном усилителе при использовании в нём однотипных резисторов определяется выражением:

$$\delta_{SR \max} = \pm 2 \cdot \text{ТКС} \cdot \Delta \Theta_{\text{окр. ср}},$$

где ТКС - паспортное значение температурного коэффициента сопротивления



используемых в усилителе резисторов;

$\Delta\Theta_{\text{окр.ср}}$ – максимально возможное изменение температуры окружающей среды.

Таким же выражением определяется максимально возможное изменение коэффициента передачи резистивного делителя напряжения.

Из приведённой формулы следует, что предельная относительная температурная нестабильность не зависит от сопротивления используемых резисторов, а определяется только их типом (значением ТКС). Паспортное значение ТКС резисторов общего применения не превышает $\pm 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$, для прецизионных резисторов это значение составляет $\pm 25 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$.

То есть при изменении температуры окружающей среды на 10°C значение мультипликативной погрешности, вносимой в результат измерения неинвертирующим усилителем или резистивным делителем напряжения на резисторах общего применения, может достигать $\pm 2\%$ и $\pm 0,025\%$ на прецизионных резисторах.

Для предельного значения относительной мультипликативной температурной погрешности широко используемого в измерительных системах инструментального усилителя можно записать:

$$\delta_{SR \max} = \pm 4 \cdot \text{ТКС} \cdot \Delta\Theta_{\text{окр.ср}}$$

Такими же простыми выражениями определяются предельные значения относительных аддитивных погрешностей, приведённых к диапазону изменения сигнала в месте возникновения погрешности.

А.И. Заико

АЛГОРИТМЫ ИЗМЕРЕНИЙ МОМЕНТОВ ЭРГОДИЧЕСКИХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Статья является продолжением публикаций [1, 2]. В ней приводятся алгоритмы аналоговых и цифровых измерений моментных и спектральных характеристик, указаны математические ожидания и корреляционные функции погрешностей этих алгоритмов с применением комплексного подхода к их определению [3, 4, 5].

Оценка математического ожидания, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle m_x \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} X \langle w_1[X] \rangle dX = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T [\langle x(t) \rangle - m_d] dt = \frac{1}{2nT_0} \sum_{i=-n}^{n-1} \int_{t_i}^{t_i+T_0} m(t; x_{-nk}, \dots, x_{nr}) dt;$$

$$m_{\text{дм}} = \int_{-\infty}^{\infty} X m_{\text{дв}}(X) dX = \frac{1}{2T} \int_{-T}^T [\langle x(t) \rangle - m_d - m_x] dt = \frac{1}{2nT_0} \sum_{i=-n}^{n-1} \int_{t_i}^{t_i+T_0} [m(t; x_{-nk}, \dots, x_{nr}) - m_x] dt;$$