

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДИСТАНЦИОННОЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

А.А. Каревик

(представил д.т.н., проф. В.А. Краснобаев)

Проанализирована возможность передачи информации о мерах единиц физических величин при дистанционной поверке средств измерительной техники (СИТ). Предложен вариант математической модели для оценки точностных характеристик при передаче аналого - цифровой информации.

Средства измерительной техники, применяемые для измерения и контроля параметров радиотехнических систем (РТС), в процессе эксплуатации должны подвергаться периодической, а при необходимости и внеплановой поверке. Эти мероприятия являются одним из обязательных пунктов технического обслуживания РТС. В настоящее время для проведения поверки СИТ извлекаются из аппаратуры и доставляются в метрологическую часть (МЧ). После проведения поверки СИТ доставляются на место эксплуатации РТС. Во время поверки СИТ в РТС должно быть заменено средством контроля из резерва или РТС должна прервать свою работу, что нежелательно. Создание резерва СИТ - дорогостоящее мероприятие, кроме того резервные СИТ также должны подвергаться периодической поверке.

При доставке СИТ из МЧ, даже при соблюдении всех требований по транспортировке, они могут утратить свои точностные характеристики (ТХ). Достоверность предписанных им ТХ при поверке, на месте эксплуатации СИТ подтвердить невозможно, что может привести к недоверности проводимых измерений. Возникает необходимость разработки новых методов поверки СИТ и передачи размеров единиц физических величин (РЕФВ).

Предложенный ранее [1, 2] автором новый метод поверки СИТ существенно снижает проявление ряда систематических и случайных составляющих погрешности передачи РЕФВ при поверке СИТ в МЧ, а также предотвращает ухудшение ТХ при транспортировке. До настоящего времени дистанционная поверка СИТ применялась только для средств времени и частоты. Система передачи РЕФВ ЭДС, сопротивления постоянному току и электрической емкости требовала анализа характера поведения ошибок при передаче РЕФВ на каждом этапе их пре-

образования.

Эту научную задачу можно успешно решить, применив модель, предложенную в [3]. Математический аппарат предлагаемой модели отличается простотой и легко реализуется при помощи ПЭВМ с применением программного обеспечения MATCAD-6. Техническая реализация предложенного метода поверки СИТ предусматривает применение серийно выпускаемых аналого - цифровых преобразователей (АЦП).

Математическое выражение для реализации такой модели имеет вид

$$X^*(t) = \Delta_0 + \Delta_H [X(t) + (1 + \delta_k)] \int [q_0(t-t') + \Delta_q(t-t')] \cdot X(t') dt', \quad (1)$$

где  $\Delta_0$  - инструментальная погрешность АЦП, определяемая линейностью его дискриминаторной характеристики;  $\Delta_H$  - погрешность, обусловленная квантованием нормируемой величины с учетом влияния временных искажений;  $\delta_k$  - мультипликативная погрешность;  $q_0(t-t')$  - импульсная характеристика входного устройства.

Используя теорему Хаммерштейна, позволяющую установить связь между параметрами входного преобразуемого сигнала и его кодовым представлением через сумму операторов последовательно соединенных звеньев: безинерционного нелинейного и инерционного линейного, получим выражение, позволяющее проанализировать все составляющие погрешности АЦП за счет преобразования.

Входной сигнал может быть представлен выражением [3]

$$Y = \frac{k}{T} \int f[X(t), a] dt. \quad (2)$$

Сигнал на выходе устройства можно представить выражением [3]

$$Y = \frac{k}{T} \sum_{i=0}^{m-1} f[X(t_i), \xi(t_i), a], \quad (3)$$

где  $m$  - число проведенных отсчетов;  $f[\cdot]$  - значение функции в точке отсчета;  $k$  - коэффициент передачи измерительного устройства;  $\xi(t_i)$  - вектор, описывающий погрешности.

Подынтегральные выражения в (1) определяют связь между расхождением информации входного и выходного сигналов. Величина, определенная при вычислении вектора  $\xi(t_i)$  в обобщенной аналитической модели, определяет погрешность квантования, динамические погрешности и погрешности, вносимые помехами. Измерительное устройство реализуется так, чтобы его абсолютная погрешность  $\Delta Y$  была мала по сравнению с измеряемой величиной  $Y$ . Результирующая погрешность может быть определена из выражения

$$\nabla \lambda = \frac{1}{K} \sum_{i=0}^{m-1} \{ [X(t_i)] \xi(t_i)^y \} - \frac{1}{K} \int \{ [X(t)]^y \} dt, \quad (4)$$

а в упрощенном виде выражение (4) можно записать как

$$\Delta Y = \Delta Y_D - \Delta Y', \quad (5)$$

где  $\Delta Y_D$  – погрешность за счет дискретизации непрерывной величины входного сигнала;  $\Delta Y'$  – погрешность за счет канала передачи.

Используя допущение о малости всех составляющих погрешности выраженных функцией  $f[X(t_i), \xi(t_i), a]$  [3], (4) можно разложить в ряд Тейлора, оставив для дальнейших преобразований коэффициенты, приводящие дальнейшие вычисления погрешности к ненулевым результатам [2, 3]. Выражения для оценки погрешностей будут иметь следующий вид:

$$\Delta Y_D = \frac{k}{m} \sum_{i=0}^{m-1} \xi_{i,q} \frac{df_i}{d\xi_{i,q}}; \quad \Delta Y' = \sum_{q=1}^n \frac{k}{m} \sum_{i=0}^{m-1} \xi_{i,q} \frac{df_i}{d\xi_{i,q}}.$$

Математическое ожидание погрешностей представляет собой усреднение по ансамблю всех случайных составляющих погрешности преобразования и имеет действительное значение преобразуемого параметра.

Реализация предложенного метода дистанционной поверки СИТ может найти широкое применение только после проведения анализа суммарной погрешности передачи РЕФВ конкретной меры ЕФВ. Если погрешность передачи РЕФВ ниже суммарной погрешности классического метода, тогда с полной уверенностью можно сказать, что данный метод поверки СИТ возможен и перспективен.

Автором проведены исследования реализации метода поверки СИТ для мер ЭДС и мер сопротивления постоянному току. Расчеты показали, что для системы передачи РЕФВ ЭДС предельная допустимая погрешность метода в 1,4-1,8 раза выше, по сравнению с традиционным методом передачи этого параметра. За счет исключения промежуточных передаточных звеньев в поверочной схеме по организации передачи РЕФВ для конкретных СИТ виден эффект от внедрения предложенного метода их поверки.

Предложенная математическая модель легко трансформируется для оценки ТХ передачи информации о любой ЕФВ. Входными данными для модели являются ТХ мер ЕФВ, которые приписываются ей при аттестации, а также данные об изменении основных параметров во время ее эксплуатации. Модель, показывает целесообразность применения дистанционного метода поверки СИТ. Развитие принципов формирования и построения эталонных СИТ также подтверждает целесообразность применения предложенного автором метода передачи РЕФВ.

## ЛИТЕРАТУРА

Каревик А.А. // Радиотехника. – Харьков: ХТУРЭ. – 1998. – Вып. 108/98. – С. 59 - 62.

Каревик А.А. // Вестник ХГПУ. – Харьков: ХГПУ. – 1998. – Вып. 15. – С. 105 - 114.

Пиотровский Я. Теория измерений для инженеров. – М. Мир, 1989. – 356 с.