

В. А. Ю р м а н о в, К. Ю. П и с к а е в, А. В. К у ц (Пенза, ПГТА). Алгоритм адаптивной фильтрации для телеметрических систем сбора данных на основе $\Sigma\Delta$ -АЦП.

В соответствии с назначением в области ракетно-космической техники (РКТ) различают три вида анализа телеметрической информации (ТМИ): анализ состояния объекта, локализация неисправностей и исследование поведения объекта. Современный анализ нестационарных быстроменяющихся параметров весьма сложен вследствие необходимости получения одновременной информации о точном времени события, а также об его частотной характеристике с достаточными степенями информативности и разрешения. Причем, ТМИ используется в двух аспектах: уточнение оценок телеметрируемых параметров, масштабирование и приведение их к виду, удобному для дальнейшего использования и дальнейшей обработки, связанной с формированием данных, необходимых для принятия решения. Учитывая, что анализируемые сигналы лежат в частотном диапазоне от 0 до 20 кГц (типовое значение) и диапазоне преобразуемых напряжений от десятков милливольт до десятков вольт, а число телеметрируемых параметров (физических величин) достигает 1500, преобразуемых в цифровой код с разрешением 12–16 двоичных разрядов, формируется большой объем информации. В перспективе характеристики преобразуемых сигналов будут существенно расширяться, что обуславливает повышение требований к АЦП. Эффективно данную проблему решают сигма-дельта АЦП ($\Sigma\Delta$ -АЦП), обеспечивающие на сегодняшний день разрешение 24 и выше двоичных разрядов с частотой дискретизации порядка 100 кГц. Данная совокупность характеристик в основном получена за счет усложнения программно-аппаратных средств цифровой фильтрации, входящих в состав АЦП, что определяет типовое потребление порядка 1 Вт. Например, потребляемая мощность микросхемы AD7762 ($\Sigma\Delta$ -АЦП с цифровым КИХ-фильтром) составляет 958 мВт, а AD7740 ($\Sigma\Delta$ -АЦП без цифровых фильтров) 3 мВт (согласно техническому описанию, предоставленному на сайтах фирм-производителей). Снижение потребляемой мощности может быть получено за счет уменьшения эффективности цифровой обработки, но в результате потребует увеличения пропускной способности канала передачи. Например, оцифровка сигнала с частотой дискретизации АЦП порядка 2–2,5 МГц, потребует увеличения информационного потока с 0,4 Мбайт/с до 4 Мбайт/с. Для разрешения данного противоречия авторами проведен анализ работы $\Sigma\Delta$ -АЦП во временной области. Полученные результаты показали, что в структуре сигнала присутствуют точки, в которых значение входной величины может быть вычислено с погрешностью равной или близкой к 0, причем эти точки появляются периодически с момента начала работы преобразователя, когда погрешность в соседних точках близка к максимальной. Таким образом, можно создать алгоритм адаптивной фильтрации, обеспечивающий определение для каждого значения дискретного входного сигнала необходимого времени преобразования, при котором результат будет получен с заданной погрешностью. Для этого проводится вычисление времени усреднения текущих данных (с выхода одноразрядного ЦАП), которые преобразуются в значение выходной величины на каждом такте работы. Полученные значения имеют периодическую структуру и знакопеременный характер по отношению к истинной входной величине, а минимумы погрешности соответствуют точкам конца периода. Классические методы анализа (Фурье-анализ, Вейвлет-анализ и др.) не позволили получить численное значение периодичности, из-за отсутствия априорной информации о входном сигнале. Таким образом, в алгоритме адаптивной фильтрации используются лишь операции сложения, вычитания и сравнения, что удовлетворяет требованиям минимизации вычислительной мощности и сокращению времени обработки данных. Эффективность данного алгоритма, по сравнению с известными, можно проиллюстрировать на следующем примере: преобразователь работает с частотой 10 МГц, при опорных напряжениях $+/- 5$ В. Если входное напряжение равно 2 В, а классическое усреднение осуществляется каждые

256 тактов работы, тогда относительная погрешность преобразования будет равна 0,5%. При адаптивной фильтрации, для определения входной величины с нулевой погрешностью, потребуется 60 тактов работы. Если входное напряжение равно 0,5В, то относительная погрешность (при тех же условиях работы) будет равна 0,84%. При адаптивной фильтрации на 100 такте входной сигнал будет определен с погрешностью 0,05%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михеев М. Ю., Братцев К. Е.* Синтез обобщенной математической модели подсистемы нейросетевой идентификации информационно-измерительных систем параметров двухполюсных электрических цепей. — Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2009, т. 1, с. 437–439.
2. *Щербань А. Б., Михеев М. Ю., Жашкова Т. В.* Обобщенные структурные модели информационных объектов. — Изв. ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки, 2009, № 1, с. 12–22.
3. *Михеев М. Ю., Юрманов В. А., Куц А. В.* Совершенствование алгоритмов и структур интегрирующих аналого-цифровых преобразователей. — Изв. ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки, 2009, № 1, с. 86–99.