

Изобретение относится к импульсной технике, предназначено для определения уровня нелинейных искажений аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и может быть использовано для контроля и метрологической аттестации (АЦП по величине нелинейных искажений в динамическом режиме).

Известно устройство измерения нелинейности АЦП, содержащее источник двухтонального сигнала, поверяемый АЦП, цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), фильтр нижних частот (ФНЧ), анализатор спектра [Экспресс-информация ВИНТИ. Сер. Контрольно-измерительная техника", 1981, №20, с. 5-8].

Недостатком этого устройства является низкая точность измерения нелинейности, которая ограничивается жесткими требованиями к динамическому диапазону, линейности ФНЧ и анализатора спектра.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому устройству является измеритель нелинейности АЦП, содержащий первый и второй генераторы гармонических сигналов, выходы которых соединены с первым и вторым входами аналогового сумматора соответственно, выход которого подключен к входу поверяемого АЦП, выход которого подключен к первому входу вычитателя, второй АЦП, вход которого соединен с выходом второго генератора гармонических колебаний, а выход подключен к второму входу вычитателя, который последовательно соединен с ЦАП, ФНЧ и спектроанализатором [Авт. св. СССР № 1198752, кл. Н 03 М 1/10, 1985, Бюл. № 46].

Недостатком известного устройства является невысокая точность при измерении нелинейности поверяемого АЦП, вследствие: во-первых, влияния нелинейности передаточной характеристики ФНЧ; во-вторых, сложности измерения уровней составляющих гармонических и комбинационных частот на фоне большой амплитуды спектральной составляющей с частотой  $F_1$ , а в случае измерения малых нелинейностей многоуровневых АЦП задача фиксации этих уровней современными анализаторами спектра чрезвычайно затруднительна; а в-третьих, присутствия в измерительном сигнале на выходе ЦАП составляющей с частотой  $F_2$ , которую полностью компенсировать невозможно вследствие сложности подбора пар АЦП с идентичным характером нелинейности, что приводит к ухудшению динамического диапазона измерения уровней гармонических и комбинационных частот.

В основу изобретения поставлена задача создания такого устройства для измерения нелинейности АЦП, в котором введение новых блоков позволило бы обеспечить повышение точности измерения.

Поставленная задача решается тем, что в устройство содержащее первый и второй генераторы гармонических сигналов, первый аналоговый сумматор, поверяемый аналого-цифровой преобразователь, цифроаналоговый преобразователь, фильтр нижних частот и анализатор спектра, при этом выход первого генератора гармонических сигналов соединен с первым входом первого аналогового сумматора, выход второго генератора гармонических сигналов соединен с вторым входом первого аналогового сумматора, выход которого подключен к входу поверяемого аналого-цифрового преобразователя, а выход фильтра нижних частот соединен с входом анализатора спектра, введены первый и второй регулируемые фазовращатели, первый и второй переменные аттенюаторы, второй аналоговый сумматор, усилитель, выход которого подключен к входу фильтра нижних частот, а вход - к выходу второго аналогового сумматора, первый вход которого соединен с выходом первого переменного аттенюатора, второй вход подключен к выходу цифроаналогового преобразователя, третий вход соединен с выходом второго переменного аттенюатора, вход которого соединен с выходом второго регулируемого фазовращателя, вход которого подключен к выходу второго генератора гармонических сигналов и второму входу первого аналогового сумматора, вход первого переменного аттенюатора подключен к выходу первого регулируемого фазовращателя, вход которого соединен с выходом первого генератора гармонических сигналов и с первым входом первого аналогового сумматора.

На чертеже представлена функциональная схема устройства для измерения АЦП.

Устройство содержит первый 1 и второй 2 генераторы гармонических сигналов ( $G_1$  и  $G_2$ ), первый аналоговый сумматор (С1)3, поверяемый АЦП 4, ЦАП 5, первый 6 и второй 7 регулируемые фазовращатели ( $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ ), первый 8 и второй 9 переменные аттенюаторы ( $A_1$  и  $A_2$ ), второй аналоговый сумматор (С2) 10, усилитель (У) 11, ФНЧ 12, анализатор спектра (АС) 13. Выход первого генератора гармонических сигналов 1 соединен с первым входом аналогового сумматора 3 и входом первого регулируемого фазовращателя 6. Выход второго генератора гармонических сигналов 2 соединен с вторым входом первого аналогового сумматора 3 и входом второго регулируемого фазовращателя 7. Вход первого переменного аттенюатора 8 соединен с выходом первого регулируемого фазовращателя 6, а выход - с первым входом второго аналогового сумматора 10. Вход второго переменного аттенюатора 9 соединен с выходом второго регулируемого фазовращателя 7, а выход - с третьим входом второго аналогового сумматора 10. Вход поверяемого АЦП 4 подключен к выходу первого аналогового сумматора 3, а выход - к входу ЦАП 5. Третий вход второго аналогового сумматора 10 соединен с выходом ЦАП 5, а выход - с входом усилителя 11. Вход ФНЧ 12 подключен к выходу усилителя 11, а выход - к входу анализатора спектра 13.

Устройство работает следующим образом. С помощью генераторов 1 и 2 гармонических сигналов и первого аналогового сумматора 3 на выходе последнего формируется двухтональный сигнал с частотами  $F_1$  и  $F_2$ , который поступает на вход поверяемого АЦП 4. При воздействии двухтонального испытательного сигнала вследствие нелинейности передаточной характеристики АЦП в спектре выходного преобразованного сигнала содержатся, кроме составляющих основных частот  $F_1$  и  $F_2$ , дополнительные составляющие на частотах  $mF_1$ ,  $nF_2$ ,  $(mF_1 \pm nF_2)$ , где  $m, n=1,2,\dots$ . Выходной цифровой сигнал АЦП поступает на вход ЦАП 5, где он преобразуется в аналоговую форму. Дальше выходной сигнал ЦАП подается на один из входов второго аналогового сумматора 10. К двум другим входам сумматора 10 подводятся одночастотные сигналы  $F_1$  и  $F_2$  от первого 1 и второго 2 генераторов гармонических колебаний, которые предварительно подвергаются формированию по амплитуде и фазе в последовательно включенных аттенюаторах и фазовращателях. С помощью регулируемого фазовращателя 6 изменяется фаза сигнала, поступающего с выхода генератора 1, до величины  $\pi$  по отношению к составляющей с частотой  $F$ , в выходном сигнале ЦАП. Переменным аттенюатором регулируется амплитуда сигнала на входе сумматора 10, чтобы осуществить полную

компенсацию составляющей сигнала с частотой  $F_1$  на выходе второго аналогового сумматора. Аналогично, путем изменения фазового сдвига регулируемого фазовращателя 7 и регулировки коэффициента передачи переменного аттенюатора 9 выполняется компенсация на выходе сумматора 10 составляющей сигнала с частотой  $F_2$ . Таким образом, в выходном сигнале второго аналогового сумматора отсутствует составляющие с частотами  $F_1$  и  $F_2$ , что дает возможность калиброванного усиления анализируемого сигнала с помощью усилителя 11 без опасности ограничения максимального допустимого уровня для самого усилителя, а также ФНЧ и спектроанализатора. Это дает возможность расширить динамический диапазон измерений гармонических и комбинационных искажений АЦП, а значит увеличить точность этих измерений.

Экспериментальные исследования заявляемого устройства показали, что по сравнению с прототипом заявляемое устройство увеличивает точность измерения.

Например, проводились измерения нелинейных искажений 12-разрядного АЦП типа К1108ПВ2А с помощью прототипа и заявляемого устройства с использованием анализатора спектра типа СК4-57. Устройство измерения, реализованное в прототипе при амплитуде основной гармоники с частотой  $F_1$  в исследуемом сигнале равной - 10 дБ обеспечило определение уровней комбинационных частот ( $F_1 \pm F_2$ ) равным - 50 дБ с точностью  $\pm 20\%$ , а уровень гармоники  $2F_1$  равно - 60 дБ с точностью  $\pm 30\%$ . Измерение комбинационных искажений на частотах ( $mF_1 \pm nF_2$ ) при помощи заявляемого устройства и калиброванным усилением 60 дБ обеспечило погрешность измерений не более  $\pm 4\%$ , а гармонических искажений с погрешностью не более  $\pm 5\%$ . Измерение нелинейности АЦП с числом разрядов 14-16 на основе устройства, реализованного в прототипе невозможно, т. к. динамический диапазон анализатора спектра СК4-57 70 дБ, а уровень искажений многоразрядных АЦП относительно уровня основной гармоники составляет -80-100 дБ. В заявляемом устройстве, за счет подавления в спектре измеряемого сигнала основных гармоник и калиброванного усиления сигнала эффект ограничения малых уровней искажений отсутствует. При этом существенно увеличивается точность измерения без применения в устройстве прецизионных ФНЧ и спектроанализатора.

