

ПОГРЕШНОСТЬ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОДИНОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ ИЗ-ЗА ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ВХОДНОГО СИГНАЛА

Погрешность амплитудно-временного преобразователя АВП, связанная с формой преобразуемого напряжения, определяется погрешностью недозаряда накопительного конденсатора на стадии запоминания амплитудного значения импульса и методической погрешностью, обусловленной способом преобразования напряжения на конденсаторе во временной интервал. Обычно эти составляющие анализируются отдельно и предполагается, что напряжение на конденсаторе повторяет форму входного напряжения [1, 2]. Последнее допущение может привести к значительным погрешностям, так как в этом случае не учитывается инерционность зарядного устройства, которая приводит к изменению формы напряжения на конденсаторе по сравнению с входным сигналом.

Авторами решена задача оценки погрешности АВП из-за влияния формы входного сигнала для импульса произвольной формы с учетом инерционности зарядного устройства. При этом предполагается, что входное напряжение к моменту окончания заряда конденсатора равно нулю, дискриминатор срабатывает по прерыванию тока зарядного устройства и его порог срабатывания равен нулю. Описание блок-схемы АВП и его работа приведены в работе [3]. Передаточная функция зарядного устройства для напряжения на конденсаторе [4].

$$K_c(p) = \frac{\omega_0^2}{p^2 + 2\varepsilon\omega_0 p + \omega_0^2}, \quad (1)$$

$$\text{где } \omega_0 = \sqrt{\frac{K_0}{C\tau_1}}, \quad \varepsilon = \frac{RK_0 + 1}{2} \sqrt{\frac{C}{K_0\tau_1}},$$

$$K_0 = kS.$$

k — коэффициент передачи однонаправленного усилителя тока;

S — крутизна сравнивающего усилителя;

C — накопительная емкость;

R — стабилизирующий резистор;

τ_1 — постоянная времени однонаправленного усилителя.

Для произвольной формы входного сигнала напряжение на конденсаторе

$$U_c(t) = \int_0^t U_{вх}(\tau) \cdot K_c(t-\tau) d\tau. \quad (2)$$

Из выражения (1) следует, что

$$K_c(t) = \frac{\omega_0^2}{p_1 - p_2} (e^{p_1 t} - e^{p_2 t}). \quad (3)$$

где p_1 и p_2 — корни характеристического уравнения выражения (1)

$$\begin{aligned} p_1 &= -\omega_0(\varepsilon - \sqrt{\varepsilon^2 - 1}), \\ p_2 &= -\omega_0(\varepsilon + \sqrt{\varepsilon^2 - 1}). \end{aligned}$$

Подставляя выражение (3) в (2) и преобразуя, получаем

$$U_c(t) = \frac{\omega_0^2}{p_1 - p_2} [e^{p_1 t} \int_0^t U_{вх}(\tau) e^{-p_1 \tau} d\tau - e^{p_2 t} \int_0^t U_{вх}(\tau) e^{-p_2 \tau} d\tau]. \quad (4)$$

Для импульса произвольной формы

$$U_{вх}(t) = U_M f_0(t) \quad (5)$$

где U_M — амплитудное значение входного сигнала;

$f_0(t)$ — непрерывная функция, характеризующая форму импульса и равная единице при $t = t_M$ (время достижения $U_{вх}$ амплитудного значения).

Тогда из выражений (4), (5) получим

$$\text{где } U_c(t) = U_M \cdot \varphi_0(t) \quad (6)$$

$$\varphi_0(t) = \frac{\omega_0^2}{p_1 - p_2} [e^{p_1 t} \int_0^t f_0(\tau) e^{-p_1 \tau} d\tau - e^{p_2 t} \int_0^t f_0(\tau) e^{-p_2 \tau} d\tau].$$

В работе [3] показано, что дискриминатор формирует выходной импульс, пропорциональный значению $U_c(T_1)$, где T_1 определяется из условия

$$U_c'(T_1) = -\frac{I_p}{C} \quad (7)$$

I_p — ток генератора разрядного тока.

Из условия (7) с учетом (6), следует, что

$$\varphi_0'(T_1) = -\frac{I_p}{CU_M} \quad (8)$$

или

$$\frac{\omega_0^2}{p_1 - p_2} [p_1 e^{p_1 T_1} \int_0^{T_1} f_0(\tau) e^{-p_1 \tau} d\tau - p_2 e^{p_2 T_1} \int_0^{T_1} f_0(\tau) e^{-p_2 \tau} d\tau] = -\frac{I_p}{CU_M} \quad (9)$$

Уравнение (9) в общем случае трансцендентно относительно T . Однако для ряда форм импульсов его относительно просто можно решить численным методом.

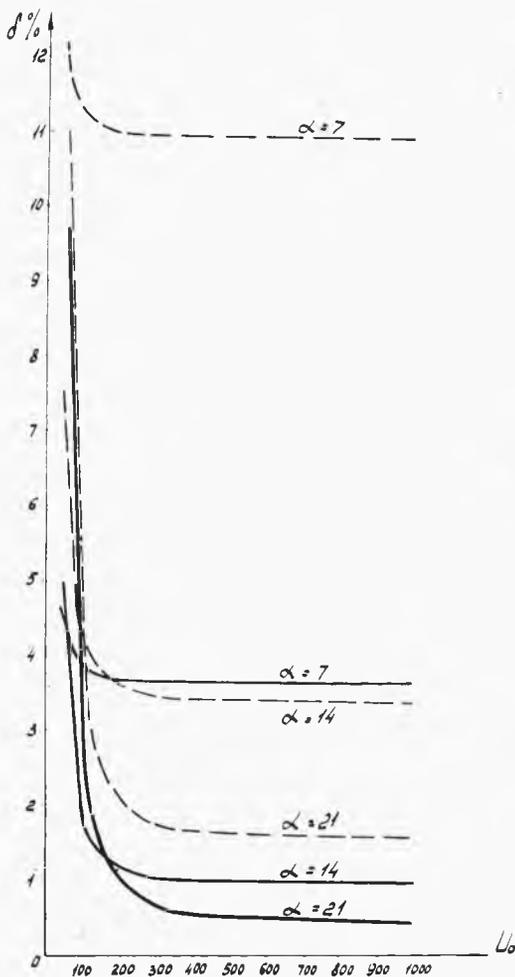


Рис. 1. Зависимость $\delta = f(U_0)$ для импульса в виде полуволны синусоиды.

Погрешность от влияния формы импульса

$$\delta = 1 - \varphi_0(T_1), \quad (10)$$

где T_1 определяется из выражения (9).

По приведенному алгоритму была определена погрешность для полуволны синусоиды с круговой частотой ω . Результаты расчета представлены на рис. 1,

где $\alpha = \frac{\omega_0}{\omega}$ и $U_0 = \frac{U_m C \omega_0}{I_p}$ — безразмерные величины, характеризующие соответственно частоту и амплитуду измеряемого сигнала. Кривые, изображенные сплошными линиями, соответствуют $\varepsilon = 1, 2$, а штриховыми — $\varepsilon = 2$.

Анализ кривых показывает, что при $U_0 > 300$ δ практически не зависит от U_0 и определяется, в основном, инерционными свойствами зарядного устройства. При $U_0 < 300$ погрешность является функцией U_0 и может намного превышать

погрешность недозаряда зарядного устройства особенно при больших значениях α .

Таким образом, при проектировании амплитудно-временных преобразователей, дискриминатор которых работает по прерыванию тока зарядного устройства, необходимо учитывать не только погрешность на стадии запоминания амплитудного значения входного импульса, но и погрешность, связанную с влиянием спада входного сигнала. Последняя составляющая может оказаться определяющей для быстродействующих АВП (т. е. при больших отношениях $\frac{I_p}{C}$), работающих в широком дина-

мическом диапазоне. Предложенный в статье метод позволяет оценить влияние формы импульса на погрешность преобразования АВП. Для уменьшения этой погрешности необходимо уменьшать $\frac{I_p}{C}$ или формировать крутой фронт в момент достижения максимума входного импульса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маграчев З. В. Вольтметры одиночных импульсов. М., «Энергия», 1967.
2. Szavits O. Analog—digital converter non linearity due to the loss current, Nuclear Instruments and Methods, № 39, 1966.
3. Иоффе В. Г., Пшеничников Ю. В. Особенности применения амплитудных аналого-цифровых преобразователей в измерительных системах на основе тестовых переходных режимов. Настоящий сборник.
4. Иоффе В. Г., Пшеничников Ю. В. Устройство кратковременной памяти для импульсных напряжений. Межвузовский тематический сборник «Вычислительная техника», Куйбышев, 1973.

В. Г. Иоффе, Ю. В. Пшеничников

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АМПЛИТУДНЫХ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ТЕСТОВЫХ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ

В системах, основанных на тестовых переходных процессах в измерительных цепях, возникает задача определения амплитуды одиночных или редкоповторяющихся импульсов [1]. Для этих методов необходимо применение амплитудного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), выбор которого определяется характеристиками преобразуемого напряжения (форма и минимальная длительность импульса, минимальная амплитуда и динамический диапазон), требуемой точностью и быстродействием. Для прецизионных измерений наиболее подходящими являются следующие два способа:

способ, использующий форсированный заряд конденсатора до пикового значения входного импульса при помощи зарядного устройства с отрицательной обратной связью и последующий разряд постоянным (не зависящим от напряжения на конденсаторе) током до некоторого фиксированного потенциала [2]:

способ расширения измеряемого импульса на уровне пикового значения с последующим применением метода поразрядного уравновешивания.

Второй способ обеспечивает малую погрешность (0,1%) в сочетании с высоким быстродействием (время преобразования до 1—2 мксек). Однако реализация его довольно сложная и там,