

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ТЕКУЩЕМ ВРЕМЕНИ

Холодов О.А., студент; Новиков Е.Н., доц., к.т.н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

При определении статистических моделей процессов по экспериментальным данным часто ограничиваются конечным числом моментов функции распределения. Во многих исследованиях необходимо определять моменты распределения в процессе измерения. Разработанный прибор предназначен для определения в текущем времени среднеквадратичного значения и двух приведенных моментов — коэффициентов асимметрии и эксцесса. Особенностью прибора является предварительная нормализация входного сигнала, что приводит к повышению точности и значительному упрощению схемы прибора.

Как известно, для эргодических процессов среднеквадратичное значение, коэффициенты асимметрии и эксцесса определяются из соотношений

$$\sigma = \sqrt{\overline{U^2(t)}} \quad S = \frac{\overline{U^3(t)}}{\sigma^3(t)} \quad E = \frac{\overline{U^4(t)}}{\sigma^4(t)} \quad (1)$$

Нормализация входного сигнала $U(t)$ — автоматическое поддержание постоянным его эффективного значения — эквивалентна делению его на среднеквадратичное значение

$$U_N(t) = \frac{U(t)}{\sigma(t)} \quad (2)$$

поэтому коэффициенты асимметрии и эксцесса входного сигнала с учетом (1), (2) могут быть получены в виде

$$S = \overline{U_N^3(t)} \quad E = \overline{U_N^4(t)} \quad (3)$$

Обработка нормализованного сигнала по соотношениям (2), (3) не только упрощает схемы, но и приводит к уменьшению инструментальных погрешностей. Это обусловлено тем, что схемы возведения в степень работают при постоянном входном уровне.

На рисунке приведена принципиальная схема прибора, состоящая из узлов нормировки, измерения среднеквадратичного значения, измерения коэффициентов асимметрии и эксцесса.

Узел нормировки состоит из регулируемого усилителя на микросхеме M_1 с полевым транзистором T_1 в обратной связи, квадратора на полевым транзисторе T_4 и микросхемах M_4 , M_3 , сравнивающего устройства и схемы сглаживания на M_6 , усилителя на M_5 . Сглаженное выходное напряжение квадратора сравнивается с опорным напряжением U_1 , снимаемым с резистора R_5 , и разность их подается на затвор T_1 , работающего в режиме управляемого сопротивления. Глубокая отрицательная обратная связь обеспечивает поддержание эффективного значения с большой точностью. При изменении входного сигнала на 40 дБ изменение U_N составляет не более 1 %.

Принцип работы узла измерения среднеквадратичного значения, выполненного на M_7 M_8 , можно пояснить следующим. Для входов микросхемы M_8 справедливо равенство

$$U_2 = \frac{U_{изм} R_{\Pi}}{R_2} \quad (4)$$

где R_{Π} — сопротивление канала первого полевого транзистора T_1 . Для узла нормировки можно записать

$$U_{N \text{эфф}} = \frac{U_{BX \text{эфф}} K_3 R_{II}}{R_1} \quad (5)$$

где R'_{II} — сопротивление канала второго полевого транзистора K_3 — коэффициент передачи усилителя на M_3 и T_2, T_3 . При подобранной паре полевых транзисторов для всего диапазона изменения сопротивления каналов можно считать значение R_{II} равным R'_{II} . Тогда, подставляя значение R_{II} из (5) в (4), получим

$$U_{ИЗМ} = \frac{U_2 K_3 R_1}{U_{N \text{эфф}} R_2} U_{BX \text{эфф}} \quad (6)$$

Отсюда видно, что напряжение на выходе M_8 пропорционально среднеквадратичному значению входного сигнала.

Узел измерения коэффициента асимметрии содержит умножитель, выполненный на M_9, M_{10} и линейной управляемой проводимости полевого транзистора T_9 [1], и сглаживающее устройство на M_{11} . На один из входов умножителя (резистор R_3) подается мгновенный квадрат нормированного входного сигнала $U_N^2(t)$, на другой (резистор R_4) — нормированный сигнал $U_N(t)$. Результат умножения сглаживается для получения напряжения на выходе M_{11} , пропорционального оценке коэффициента асимметрии.

Узел измерения коэффициента эксцесса содержит квадратор (T_{12}, M_{12}, M_{13}), служащий для получения четвертой степени нормированного сигнала, и сглаживающее звено M_{14} . Выходное напряжение узла пропорционально оценке коэффициента эксцесса.

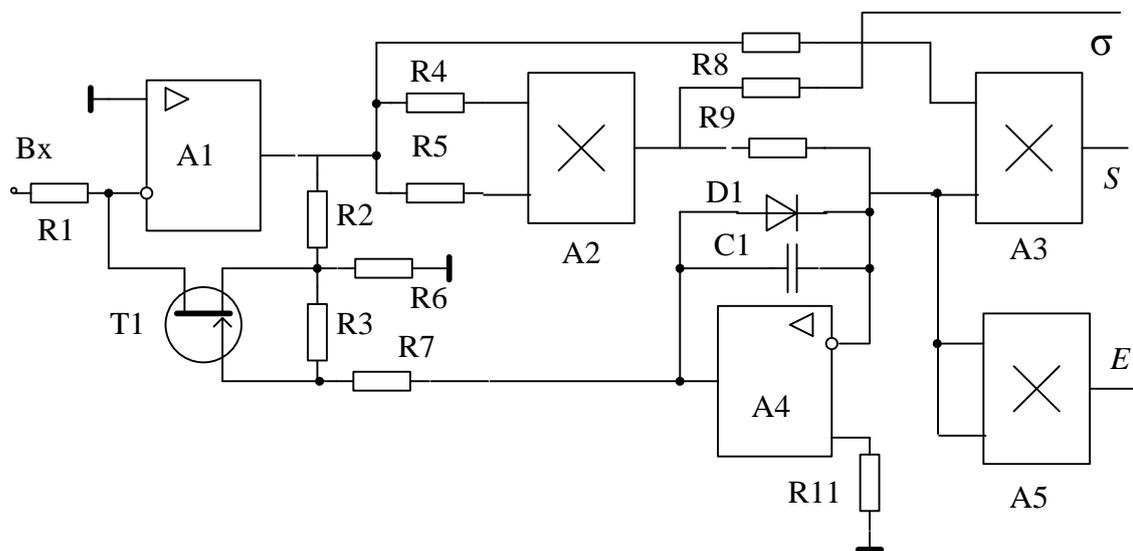


Рисунок 1 – Принципиальная схема узлов нормировки и измерения

Разработанный прибор имеет следующие основные характеристики: динамический диапазон входных сигналов — 40 дБ; максимальное входное напряжение — 1 В; диапазон измерения коэффициента асимметрии исследуемого сигнала — $\pm 1,0$; диапазон измерения коэффициента эксцесса — 0 ± 10 .

Прибор используется при проведении экспериментов по изучению физики изменения концентрации метана в выработках шахты, однако он может быть применен также для изучения других случайных процессов.

Перечень ссылок

1. Р. Кобболд, Теория и применение полевых транзисторов, 1975, стр. 266, «Энергия»
2. Венцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. - М. Высш. шк. 2000 -383с.
3. Карлин С. Основы теории случайных процессов / С. Карлин - М.: Мир, 1971. – 536 с.