

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В. Б. ТЕРЕХИН, Ю. М. АЧКАСОВ, А. В. БАРАБАШ

(Представлена сектором автоматизации процессов поиска и добычи нефти и газа НИИ АЭМ)

Сейсмическая разведка является ведущим методом поисков нефтяных и газовых месторождений. Однако геологическая эффективность сейсморазведки остается недостаточной, что является результатом несовершенства методов анализа сейсмограмм. В процессе своего развития сейсмический метод всегда сталкивается с трудностями, основными из которых являются помехи. К ним относятся:

- а) помехи, возбуждаемые сейсмическими источниками колебаний;
- б) колебания от несейсмических источников;
- в) колебания, добавляющиеся при приеме, записи и обработке сейсмических данных.

Задача состоит в том, чтобы выделить полезный сигнал на фоне вышеперечисленных помех, то есть увеличить отношение сигнал — шум. Это можно осуществить двумя путями:

1. Проводить полевые работы так, чтобы возбуждать минимум помех или устранять помехи в процессе записи.
2. Обработать сейсмосигналы так, чтобы ослабить или устранить содержащиеся в них помехи.

В этом отношении наилучшим результатом обладает второй способ борьбы с помехами. Он включает в себя преобразование аналоговых сигналов в цифровую форму, накопление, суммирование, фильтрацию, и только после этого вновь преобразование в аналоговую форму для визуального наблюдения. Произвести фильтрацию цифрового сигнала в ЭЦВМ во много раз легче, чем отфильтровать аналоговый сигнал.

Основными преимуществами цифровой обработки сейсмосигналов является использование новых математических программ, например:

1. Фильтрация скоростей.
2. Винеровская фильтрация.
3. Горизонтальное накопление.
4. Подавление волн-спутников.
5. Обратная фильтрация (антисвертка).
6. Многоканальная цифровая фильтрация.

Несмотря на то, что пригодность этих способов полностью еще не выяснена, однако, несомненно то, что будут найдены новые операторы фильтрации, более эффективные, чем в настоящее время. Поэтому при всех равных условиях цифровая обработка сейсмической информации много выгоднее, чем аналоговая. Из вышесказанного следует, что одними из основных узлов аппаратуры при обработке геофизической информации в цифровой форме являются преобразователи «Аналог — код» и «Код — аналог», к которым предъявляются требования, соответствующие характеру и осо-

бенностям геофизической информации. Укажем два наиболее важных из них:

1. Преобразователи должны быть быстродействующими, так как объем геофизической информации велик.

2. Точность преобразования должна быть такой, чтобы сигнал не искажился после преобразования.

Преобразователи «Код — аналог» можно подразделить на следующие группы:

а) накопительные преобразователи;

б) устройства с промежуточным преобразованием во временные интервалы.

в) устройства с преобразователями «Аналог — код» в цепи обратной связи (цифровая следящая система);

г) преобразователи поразрядного суммирования.

Принцип действия накопительных преобразователей состоит в том, что каждому импульсу соответствует изменение аналоговой величины на единицу напряжения. Однако их применение возможно в том случае, если в числовой величине отсутствуют скачки, превышающие единицу. Если это условие будет нарушено, то неизбежно появляется систематическая ошибка.

В устройствах с промежуточным преобразованием цифровой код преобразуется вначале во временной интервал, а затем только в аналоговую величину. Главным недостатком их является большая инерционность.

Цифровые следящие системы получили свое распространение только для преобразования числовых кодов в механическое перемещение. С помощью таких систем можно преобразовать числовой код в электрическую величину, но это нецелесообразно по двум причинам: а) в следящей системе такого типа имеется преобразователь «Аналог — код», по сложности примерно равный преобразователю «Код — аналог»; б) имеются достаточно быстродействующие, помехоустойчивые преобразователи кодов в электрические величины, как, например, преобразователи поразрядного суммирования параллельного действия.

В данной работе предлагаются на рассмотрение некоторые особенности преобразователя, функциональная схема и принцип действия которого описаны в [1].

Как указывалось выше, основным требованием преобразователей является их высокая точность преобразования. Погрешности преобразователей могут быть трех видов:

1. Погрешность, зависящая от точности работы преобразующего устройства (инструментальная ошибка) [1].

2. Погрешность, возникающая в результате самого принципа преобразования, в частности, от дискретности входных данных (ошибка дискретности). Она зависит от времени преобразования  $T_{пр}$ , или, что то же самое, от частоты дискретизации  $f_d$ .

$$T_{пр} = \sum_0^k t_{эл} + t_{зад} + t_{кл},$$

$k$  — количество последовательно соединенных элементов в схеме преобразователя с одинаковым временем переключения;

$t_{эл} = 0,6$  мксек, например, для элемента Б—1 комплекса «Урал-10»;

$t_{зад}$  — время задержки при прохождении импульса через элемент;

$t_{зад} = 0,2$  мксек;

$t_{кл}$  — время переключения электронного ключа;

$t_{кл} = 0,5$  мксек ÷  $0,8$  мксек (получено экспериментально для ключей на транзисторах П16Б и МП11А)

Суммарное время преобразования составляет  $5$  мксек. Следовательно, максимальная частота дискретизации равна  $f_d = \frac{1}{T_{пр}} = 200$  кГц. Декоди-

рующие преобразователи дают неистинное значение аналоговой величины, а приближенное (рис. 1). Последнее зависит от уровня квантования сейсмограмм в ЭЦВМ.

Оценим относительную погрешность аналогового сигнала в результате дискретизации.

Пусть  $F(t)$  — непрерывная функция  $f = 10^2$  гц  $T/2 = 5$  мсек  $f_{д} = 500$  гц дискретизирована частотой

$S_{непр} = \int_0^{T/2} F(t) dt$  — площадь, заключенная между этой функцией и осью абсцисс.

$f(t_0 t_1 t_2 \dots t_n)$  — ступенчатая функция, полученная в результате преобразования.

$S_{ст} = \sum_0^n \frac{b-a}{n} (y_0 + y_1 + y_2 + \dots + y_n)$  — площадь, ограниченная ступенчатой функцией и осью абсцисс.

$n$  — число преобразований в полупериод аналогового сигнала;

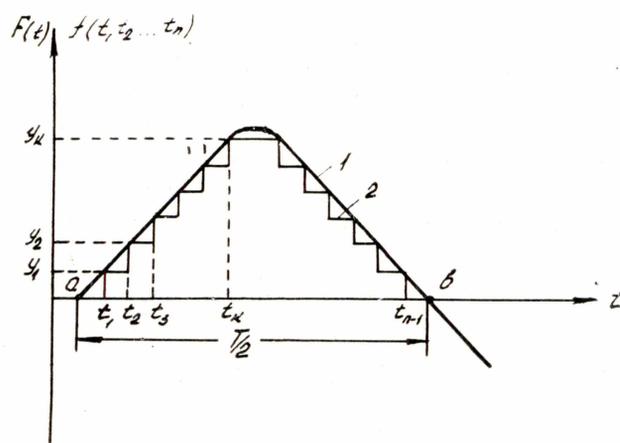


Рис. 1. 1 — аналоговый сигнал до дискретизации; 2 — ступенчатый сигнал после преобразования.

$b-a$  — отрезок оси абсцисс, на котором рассматривается эта функция. Эта сумма  $S_{ст}$  является интегральной суммой для  $F(t)$  на отрезке  $T/2$  и выражает приближенно интеграл, вычисляемый по формуле прямоугольников.

$$\int_0^{T/2} F(t) dt = \frac{b-a}{n} (y_0 + y_1 + y_2 + \dots + y_n) \quad (1)$$

Относительная ошибка дискретизации, получаемая при вычислении ступенчатой функции по формуле прямоугольников, равна:

$$\Delta = \frac{b-a}{n} = \frac{T/2}{n} \quad (2)$$

При  $T/2 = 5$  мсек  $n = 250$  гц ошибка составит  $\Delta = 2 \cdot 10^{-5}$ .

Из формулы (2) следует: чем больше частота аналогового сигнала (чем меньше  $T/2$ ), тем меньше ошибка при  $n = \text{const}$ .

Фактором, определяющим быстродействие преобразователя, является величина динамической погрешности, под которой понимается степень старения информации за счет времени, необходимого для процесса преобразования. Однако к динамической ошибке не предъявляют особых требований, так как количественно она представляет разность между истинным значением преобразуемой величины в любой момент процесса преобразо-

вания и выходной величиной в тот же момент времени:

$$\rho_{\text{дин}} = f_{\text{ист}}(t_1) - f_{\text{вых}}(t_1).$$

Динамическая погрешность может быть определена экспериментальным путем при работе преобразователя «Код — аналог» в процессе обработки геофизической информации.

Разработанный и описанный преобразователь использован в построителе сейсмических разрезов (ПСР), работающем в комплексе с ЭЦВМ типа БЭСМ-4. Работу преобразователя с ЭЦВМ поясняет временная диаграмма на рис. 2.

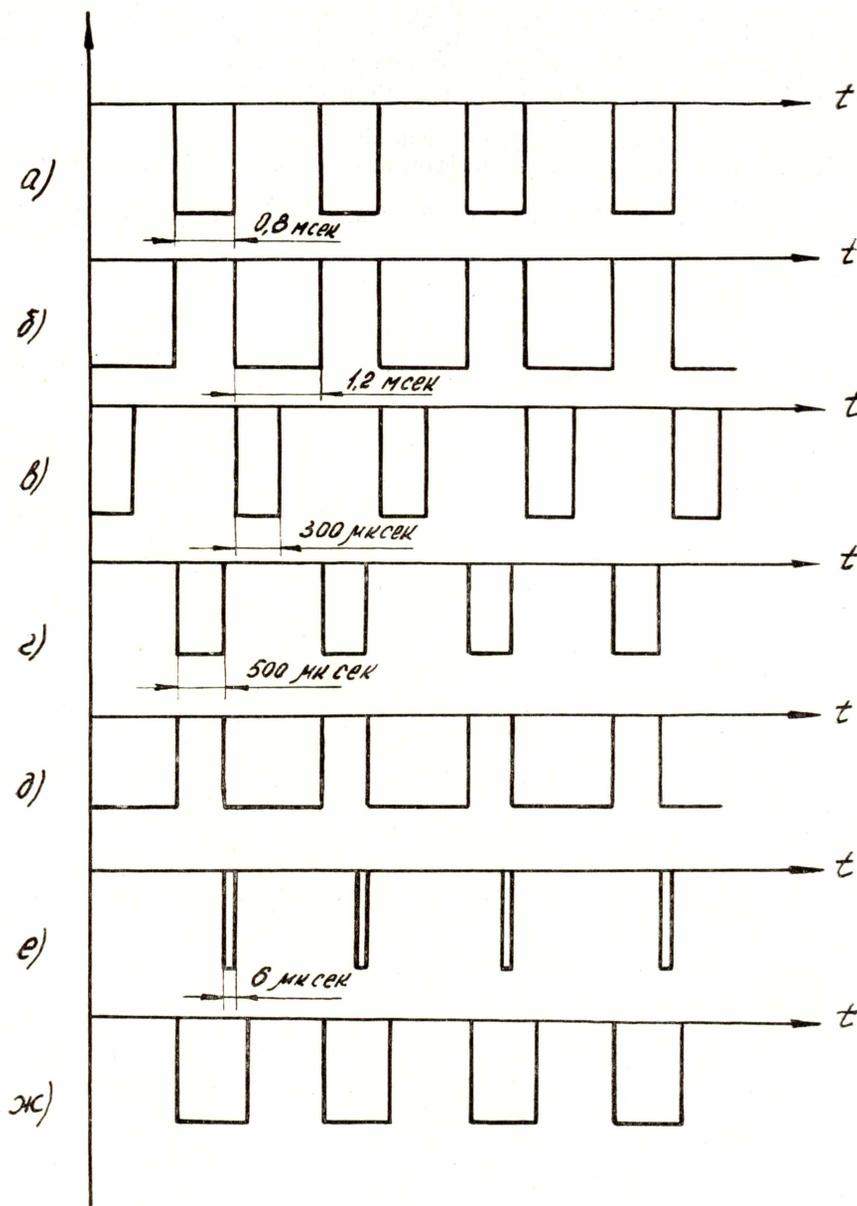


Рис. 2. Временная диаграмма работы преобразователя «Код — аналог» с ЭЦВМ.

Системой логического управления ПСР вырабатывается сигнал «Вызов кода числа» (рис. 2, а) и его инверсия (рис. 2, б). Сигнал «Вызов» подается в преобразователь на схему выработки сигнала «синхроимпульс». От отрицательного перепада сигнала инверсия «Вызова» вырабатывается сигнал «Сброс», который подается в ЭЦВМ для приведения в готовность вычислительной машины (рис. 2, в). Код на выходном регистре ЭЦВМ

появляется по положительному перепаду сигнала инверсия «Вызова» (рис. 2, ж). Сигнал «Вызов» в преобразователе поступает на вход элемента задержки (одновибратор), после чего формируется сигнал «синхроимпульс» для считывания кода в преобразователе (рис. 2, г, д, е).

Преобразователь «Код — аналог» успешно прошел лабораторные испытания, стыковку с ЭЦВМ и сейчас находится в эксплуатации при обработке сейсмической информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Б. Терехин, А. В. Барабаш. Цифро-аналоговый преобразователь для вывода сейсмической информации из ЭЦВМ. Труды VI научно-технической конференции по автоматизации. Издательство Томского госуниверситета, 1969.
2. А. А. Богданов, А. С. Петров. Цифровая запись и обработка сейсмической информации, «Недра», Москва, 1968.
3. А. Б. Заволокин. Преобразователи «Код-аналог», 1966.
4. Б. Н. Хлистунов. Основы цифровой электроизмерительной техники. «Энергия», 1966.
5. Е. К. Круг, Г. М. Алксандриди. Цифровые регуляторы. «Энергия», 1966.