

## ФОРМИРОВАНИЕ ЗАПИСИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ФОТОРЕГИСТРАТОРАХ, РАБОТАЮЩИХ В КОМПЛЕКСЕ С ЭЦВМ

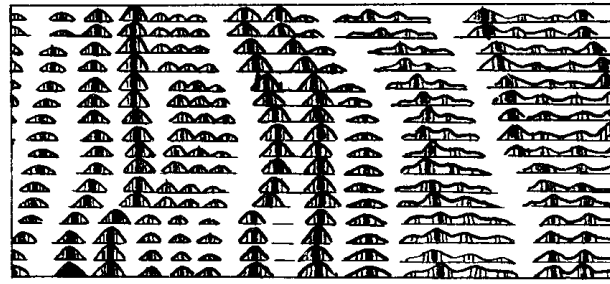
Ю. М. АЧКАСОВ, В. А. БЕЙНАРОВИЧ, Л. Г. ВАЦКАЯ

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

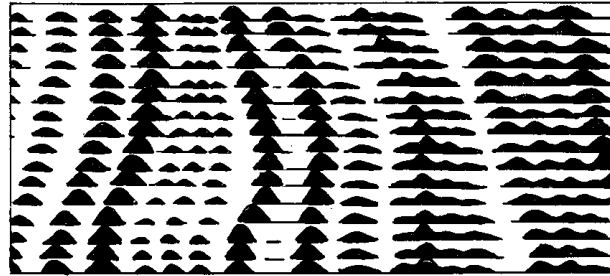
Разведка запасов полезных ископаемых, в том числе нефти и газа, является важной народнохозяйственной задачей. Для дальнейшего расширения разведочных работ и повышения их геологической эффективности необходимо в числе наиболее важных разрабатывать вопросы создания новых более точных методов и аппаратуры сейсмической разведки, а также разрабатывать автоматизированную аппаратуру и способы обработки сейсмической информации, позволяющие сократить время выдачи результатов и повысить их точность.

Особенно перспективным является наметившееся в последнее время применение для целей сейсморазведки электронной цифровой техники [1], позволяющей существенно повысить точность обработки сейсмической информации и автоматизировать процессы получения результатов. Обработку геофизической информации в настоящее время целесообразно вести на ЭЦВМ универсального применения (БЭСМ-4, Минск-22 и т. п.). Результаты сейсморазведки обычно представляются в виде графических изображений глубинных разрезов земной коры с обозначением границ раздела слоев с различной физической плотностью. Сейсмическая информация, получаемая из ЭЦВМ после обработки, представляет собой сейсмические несинусоидальные колебания с частотами порядка 5—100 *гц* и динамическим диапазоном 42 *дб*. Каждый сейсмический сигнал (трасса) представляется решетчатой функцией с постоянным шагом квантования по времени (2 мсек) и ординатами, выраженными в виде чисел в двоичном коде. На фоторегистратор возлагаются функции, связанные с получением изображений разрезов на фотоматериале способами переменной амплитуды (рис. 1, *а*), переменной плотности (рис. 1, *б*), переменной ширины (рис. 1, *в*) и комбинированным способом — переменной плотности и переменной ширины (рис. 1, *г*).

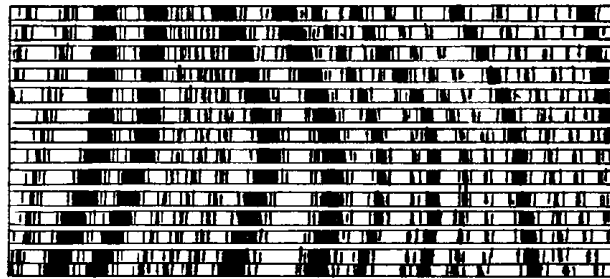
Разработанный в НИИ АЭМ фоторегистратор содержит цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), блок фильтрации, усилитель с автоматической регулировкой усиления, блок воспроизведения с пишущей и индикаторной электронно-лучевыми трубками, систему логического управления и оптико-механическую часть. Запись сейсмической информации осуществляется потрассно на фотоматериале, закрепленном на вращающемся барабане, на который проецируется «пишущий штрих» с пишущей электронно-лучевой трубки. Эта трубка вместе с оптической системой расположена на каретке, равномерно перемещающейся вдоль барабана параллельно его образующей. Разрез записывается в виде группы трасс, расположенных параллельно (рис. 1). При этом развертка луча вдоль трассы осуществляется за счет вращения барабана, сдвиг между отдельными трассами — за



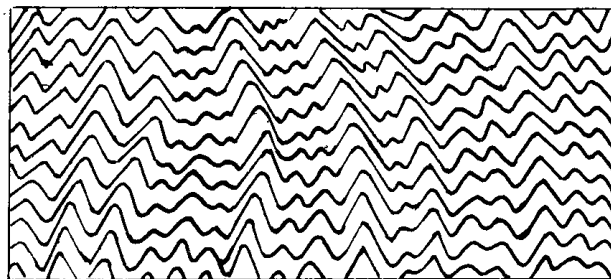
г



в



с



д

Рис. 1. Способы записи сейсмической информации.

счет перемещения каретки (запись по спирали с разрывом в месте крепления фотоматериала). Система управления обеспечивает строгую синфазность расположения записываемых трасс по развертке барабана.

Формирование различных способов записи осуществляется в блоке воспроизведения, функциональная схема которого представлена на рис. 2. На вход блока воспроизведения поступает сейсмическая информация в виде несинусоидального напряжения  $U_1$ . В зависимости от желаемого способа записи разреза, задаваемого переключателем СЗП, формирование «пишущего штриха» основными устройствами осуществляется следующим образом.

а) Запись по способу переменной амплитуды (рис. 1, а).

Сейсмический сигнал поступает в двухкаскадный линейный усилитель, содержащий каскад катодного повторителя КП, каскад усилителя У1 и делитель на 4 положения ШП, дающий 4-кратное изменение масштаба амплитуды при изменении шага записи трасс (расстояния между трассами 1, 2, 3 и 4 мм). Далее сигнал поступает на парафазный усилитель 1ПУ и с его выхода на вертикальные отклоняющие пластины электронно-лучевых трубок — пишущей ПЭЛТ и индикаторной ИЭЛТ.

б) Запись по способу переменной плотности (рис. 1, б).

Сейсмический сигнал поступает на катодный повторитель КП, затем на усилитель модуляции УМ и далее на модуляторы электронно-лучевых трубок ПЭЛТ и ИЭЛТ, вызывая модуляцию яркости. Одновременно в канал отклонения луча по вертикали (У1, 1ПУ) поступает пилообразный сигнал с генератора заполнения ГЗ, калиброванный по амплитуде для

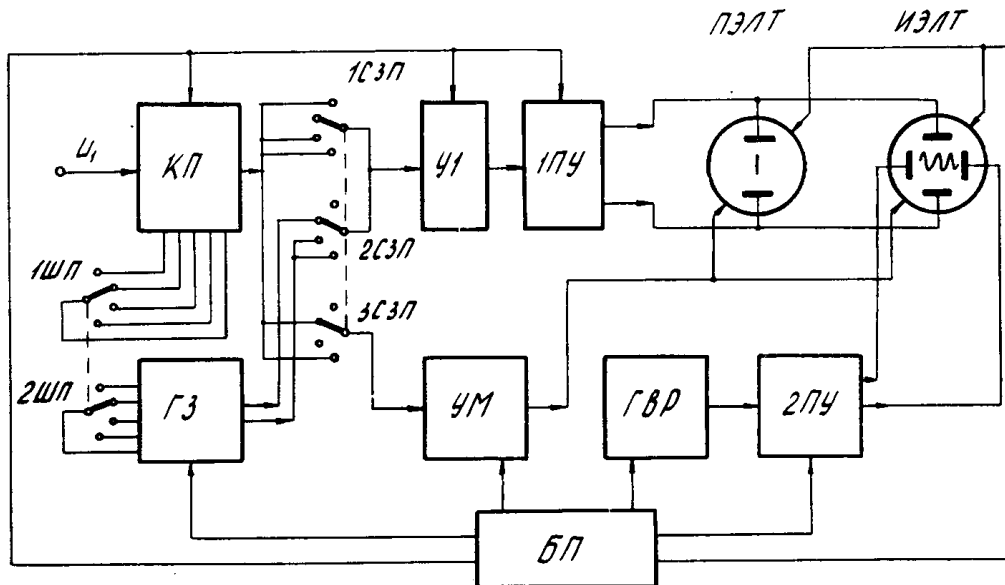


Рис. 2. Функциональная схема блока воспроизведения.

получения длины «пишущего штриха» на ПЭЛТ, обеспечивающей в зависимости от положения переключателя ШП постоянную ширину записи трассы в 1, 2, 3, 4 мм фотобарабане. Частота сигнала ГЗ в несколько десятков раз превышает максимальную частоту сейсмического сигнала, что обеспечивает равномерную экспозицию всех участков трассы по ширине на фотобарабане.

в) Запись по способу переменной ширины (рис. 1, в).

Сейсмический сигнал поступает в канал отклонения луча по вертикали (как при записи по способу переменной амплитуды). Одновременно на вход VI поступает с ГЗ пилообразный сигнал заполнения. В результате сложения на вертикально-отклоняющих пластинах ЭЛТ получится сигнал напряжения заполнения с двухсторонней модуляцией сейсмическим сигналом. Одна половина модулированного сигнала срезается и на фотобарабан проецируется оставшаяся часть «пишущего штриха», что и обеспечивает запись трассы при вращении барабана по способу переменной ширины. Амплитуда огибающей (сейсмический сигнал) регулируется переключателем ширины записи ШП.

г) Запись комбинированным способом (рис. 1, г).

Обеспечивается включением блоков по способу «в» и дополнительным подключением сейсмического сигнала для модуляции яркости (на вход УМ).

Во всех режимах записи сигнал вертикального отклонения луча одновременно поступает на пишущую электронно-лучевую трубку ПЭЛТ, расположенную на подвижной каретке в светонепроницаемом отсеке фотобарабана, и на индикаторную ИЭЛТ, расположенную неподвижно на пульте управления. Индикаторная трубка ИЭЛТ служит для настройки изображения и контроля записи. В режиме настройки вместо сейсмического сигнала на вход блока воспроизведения подается пробный сигнал с калиброванной амплитудой и частотой 50 гц. Во всех режимах работы на горизонтально-отклоняющие пластины индикаторной трубки ИЭЛТ с парафазного усилителя 2ПУ поступает пилообразное напряжение генератора временной развертки ГВР, имеющего регулировку частоты. Это позволяет наблюдать на экране ИЭЛТ несколько периодов пробного сигнала с частотой 50 гц в режиме настройки или «плавающее» изображение сейсмического сигнала — в режиме записи. Блок БП обеспечивает питание всех каскадов. Все устройства воспроизведения выполнены полностью на электронновакуумных приборах. Это позволило получить по сравнению с полупроводниковым вариантом повышенную стабильность работы блока воспроизведения при наличии только стабилизации анодного напряжения, а также обеспечить взаимозаменяемость приборов.

Основное требование к блоку воспроизведения состоит в линейности преобразования сейсмического сигнала в изображение. Линейность преобразования определяется степенью частотных (линейных) искажений и коэффициентом нелинейных искажений тракта усиления.

Частотные искажения связаны с неравномерностью частотной характеристики блока воспроизведения. Для их уменьшения полоса пропускания частот блока воспроизведения выбрана в 10 000 раз больше полосы частот сейсмических сигналов, в блоке воспроизведения используется минимальное число разделительных конденсаторов и не применяются переходные и согласующие трансформаторы. При этом завал частотной характеристики на верхних частотах определяется лишь емкостями монтажа и междуэлектродными емкостями электронных ламп усилителей. Коэффициент усиления в этом случае начинает уменьшаться только при частоте сигнала порядка нескольких сотен килогерц, что практически не имеет значения, так как максимальная частота сейсмического сигнала составляет примерно 100 гц. Наибольшие трудности возникают при усилении сейсмических сигналов с низшей частотой (порядка 5 гц). Здесь начинает сказываться реактивное сопротивление разделительных конденсаторов.

Модуль коэффициента усиления тракта воспроизведения определяется произведением модулей усиления последовательно включенных каскадов. Модуль коэффициента усиления одиночного каскада определяется следующим выражением [2]:

$$|K(\omega)| = \frac{S}{\sqrt{(G_i + G_a + G_g)^2 + \left[ \frac{G_g}{\omega C_g} (G_i + G_a) - \omega C_0 \right]^2}} \quad (1)$$

где  $\omega$  — угловая частота сигнала;

$S$  — крутизна характеристики лампы;

$G_i = \frac{1}{R_i}$  — проводимость лампы;

$G_a = \frac{1}{R_a}$  — проводимость анодной нагрузки;

$G_g = \frac{1}{R_g}$  — проводимость сеточной цепи;

$C_g$  — емкость разделительного конденсатора;

$C_0$  — емкость, шунтирующая анодную нагрузку (емкость монтажа и междуэлектродная емкость лампы).

Анализ выражения (1) показывает, что на средних частотах усиление достигает максимума

$$|K(\omega_{\text{ср}})| \approx \frac{S}{G_i + G_a + G_g}, \quad (2)$$

а на низших частотах уменьшается

$$|K(\omega_{\text{мин}})| \approx \frac{S_{\text{мин}} C_g}{(G_i + G_a) G_g}. \quad (3)$$

Из выражений (2) и (3) относительное значение усиления одного каскада с понижением частоты

$$\Delta = \frac{|K(\omega_{\text{мин}})|}{|K(\omega_{\text{ср}})|} \approx \frac{\omega_{\text{мин}} C_g}{G_g} \left(1 + \frac{G_g}{G_i + G_a}\right), \quad (4)$$

откуда можно получить выражение для выбора емкости

$$C_g \approx \frac{G_g \cdot \Delta}{\omega_{\text{мин}} \left(1 + \frac{G_g}{G_i + G_a}\right)}. \quad (5)$$

Учитывая, что проводимость сопротивления утечки сетки  $G_g$  обычно много меньше суммарной проводимости лампы  $G_i$  и анодной нагрузки  $G_a$ , вторым слагаемым в знаменателе выражения (5) можно пренебречь и получить простейшее приближенное соотношение

$$C_g R_g \geq \frac{\Delta}{\omega_{\text{мин}}}, \quad (6)$$

позволяющее выбрать параметры каскада по заданным значениям  $\Delta$  и  $\omega_{\text{мин}}$ . Так, при использовании четырех одинаковых каскадов в тракте воспроизведения (режим записи *a* и *г*), при допустимом снижении общего усиления на низшей частоте 5  $\mu\text{ц}$  на 5%, получим

$$C_g R_g \geq \frac{\sqrt[4]{0,95}}{2 \pi \cdot 5} = 0,0314 \text{ ф} \times \text{ом}.$$

Коэффициент нелинейных искажений обусловлен неизбежной кривизной характеристик ламп, что приводит в общем случае к изменению амплитуды основной частоты сигнала и появлению высших гармоник, искажающих форму усиливаемого сигнала. Аналитическое выражение коэффициента нелинейных искажений определяется [1]:

$$K_f = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \dots}}{A_1}, \quad (7)$$

где  $A_1$ ,  $A_2$  и т. д. — амплитуды первой, второй и последующих гармоник выходного сигнала.

Определение этих амплитуд может быть произведено на основании представления характеристики ламп с помощью ряда Тейлора и нахождения токов для отдельных гармоник. На практике же используют графический метод расчета, позволяющий путем выбора начальной рабочей точки на середине линейного участка характеристики лампы и ограничения максимально возможной амплитуды сигнала обеспечить заданное минимальное значение коэффициента нелинейных искажений [3]. Ограничение амплитуды на уровне максимально допустимого значения обеспечивается системой автоматического регулирования усиления (АРУ) предварительного усилителя, с которого и поступает сейсмический сигнал на блок воспроизведения, формирующий запись сейсмограмм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник. Цифровая запись и обработка сейсморазведочной информации. Серия: нефтегазовая геология и геофизика. ВНИИОЭНГ. М, 1968.
2. И. С. Гоноровский. Основы радиотехники. Связьиздат, 1957.
3. Г. В. Войшвилло. Усилители низкой частоты на электронных лампах. Связьиздат, 1959.