

Тестер «Тест-СП» как средство измерения параметров электродинамических сейсмоприемников

Бескоровайный В.Л., Коханов Е.Г., Селезнева Т.В., Тарасова О.В., ОАО «СКБ СП», Саратов

Развитие геофизических методов исследований при поиске и разведке нефтяных и газовых месторождений требует ужесточения технических требований к параметрам сейсморегистрирующих систем, а, следовательно, и применения метрологически поверженных и эффективных систем контроля величин этих параметров.

Первичным звеном сейсморегистрирующей системы, осуществляющей прием, преобразование и запись сейсмических сигналов, является сейсмоприемник, поэтому качество и точность интерпретации сейсмических данных в немалой степени находятся в зависимости от уровня и состояния его основных параметров.

С этой целью в СКБ сейсмического приборостроения был создан тестер электродинамических сейсмоприемников - «Тест-СП», позволяющий автоматизировать процедуру определения параметров одиночных сейсмоприемников и их групп (см. табл. 1).

С целью контроля параметров самого тестера была разработана и утверждена ФГУП «ВНИИФТРИ» методика его поверки (калибровки). (см. табл. 2)

Принцип действия тестера основан на возбуждении колебаний электрического тока в цепи катушки сейсмоприемника (или группы сейсмоприемников) с помощью тестового сигнала, измерении зависимости силы тока и частоты этих колебаний во времени и последующем автоматизированном расчете параметров сейсмоприемника по заданному алгоритму.

Тестер «Тест-СП» состоит из генератора тестовых электрических сигналов

синусоидальной и прямоугольной формы, аналого-цифрового преобразователя и ПЭВМ типа IBM PC/AT стандартной конфигурации (или ноутбука) с установленным специальным программным обеспечением. Управление и обеспечение работы тестера осуществляется с помощью встроенных блоков: интерфейса и блока управления.

Для проведения метрологических процедур тестер дополнительно снабжен встроенным блоком ФПП (формирователем переходного процесса), имитирующим работу сейсмоприемника с нормированными значениями собственной частоты колебаний, коэффициентов преобразования, затухания и нелинейных искажений сейсмоприемника. Блок формирует электрический сигнал, эквивалентный сигналу реакции сейсмоприемника на внешнее ударное возбуждение.

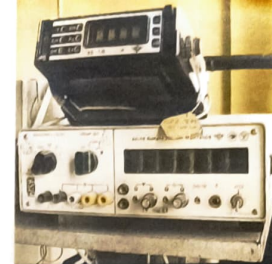
Ниже кратко представлены методы определения параметров сейсмоприемников или их групп с помощью тестера «Тест-СП».

Метод определения сопротивления цепи катушки сейсмоприемника на постоянном токе основан на измерении амплитуды выходного сигнала дифференциального усилителя тестера, на входы которого подается импульсный парафазный сигнал амплитудой $U_{вк}$, который повторяется на контактах сейсмоприемника (или группы сейсмоприемников).

По окончании переходных процессов в течение действия импульса в сейсмоприемнике протекает ток I_d , равный

Таблица 1. Основные технические и метрологические характеристики «Тест-СП»

Используемая операционная система	WINDOWS
Формирование паспорта результатов измерения параметров СП в процессе их контроля	предусмотрено
Контроль параметров СП и их групп в режиме сравнения с параметрами, введенными оператором	предусмотрен
Проверки полярности подключения СП	предусмотрена
Время проверки сейсмоприемника (группы сейсмоприемников), с, не более	30
Диапазон измерений сопротивления электрической цепи катушки СП на постоянном токе, Ом	от 10 до 65000
- в диапазоне от 10 до 100 Ом, Ом	2
- в диапазоне от 100 до 65000 Ом, %	1
Диапазон измерений собственной частоты колебаний СП, Гц	от 5 до 100
Допускаемая относительная погрешность измерения собственной частоты колебаний СП, %	2
Диапазон измерений коэффициента нелинейных искажений (коэффициента гармоник) СП, %	от 0,1 до 20
Допускаемая абсолютная погрешность измерения коэффициента нелинейных искажений (коэффициента гармоник) СП, %	5
Диапазон измерений коэффициента (степени) затухания колебаний СП, %	от 0,1 до 0,85
Допускаемая относительная погрешность измерения коэффициента (степени) затухания колебаний СП, %	2
Допускаемая относительная погрешность измерения коэффициента преобразования СП, %	2
Питание от сети переменного тока:	
- напряжение, В	от 187 до 242;
- частота сетевого напряжения, Гц	от 49 до 52.
Потребляемая мощность, ВА, не более	15
Габаритные размеры, (длина х ширина х высота), мм, не более	410 210 280
Масса, кг, не более	10



МЕТРОЛОГИЯ В ГЕОФИЗИКЕ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Таблица 2 Перечень контролируемых параметров тестера «Тест-СП»

Коэффициент нелинейных искажений генератора тестового сигнала на рабочих частотах, %, не более	0,03
Допускаемая относительная погрешность воспроизведения номинальных значений рабочих частот тестового сигнала, %	0,1
Допускаемая относительная погрешность измерения временных интервалов в диапазоне (25...70) мс, %	0,1
Допускаемая относительная погрешность воспроизведения значений выходного постоянного напряжения в диапазоне от 50 мВ до 5 В, %	0,2
Допускаемая относительная погрешность измерения напряжения синусоидального сигнала на рабочих частотах в диапазоне от 50 мВ до 5 В, %	1
Коэффициент нелинейных искажений тестера, %, не более	0,05

$$I_D = \frac{U_{Bx}}{R_D} \quad (1)$$

где R_D — сопротивление сейсμοприемника по постоянному току.

Этот ток вызывает на выходе усилителя выходное напряжение, равное

$$U_{B_{вых}} = U_{Bx} \cdot \left(\frac{2R_{oc} + R_D}{R_D} \right) \quad (2)$$

Амплитуда входного тестового сигнала $U_{вх}$ устанавливается программно в зависимости от сопротивления сейсμοприемника (группы сейсμοприемников).

Амплитуда $U_{вых}$ определяется как разность выходных напряжений дифференциального усилителя, измеренных АЦП, на интервалах действия и отсутствия импульса на входе усилителя, чем исключается влияние напряжения смещения нуля усилителя.

По известным значениям амплитуды входного импульса $U_{вх}$ и сопротивлению обратной связи R_{oc} вычисляется значение сопротивления сейсμοприемника R_D .

КНИ одиночного сейсμοприемника (группы сейсμοприемников) рассчитывается путем

подачи на входы парафазного гармонического сигнала амплитудой $U_{вх}$ от генератора с малыми нелинейными искажениями. Сигнал, повторяясь на контактах сейсμοприемника (группы сейсμοприемников), вызывает в нем ток, амплитуда которого зависит от нелинейности сопротивления катушки сейсμοприемника, возникающей в процессе механических колебаний. Этот ток вызывает на выходе усилителя выходное напряжение, равное

$$\dot{U}_{B_{вых}} = \left(\frac{2R_{oc}}{R_D} + 1 \right) \dot{U}_{Bx} - \frac{2R_{oc}}{R_D} (\dot{U}_2 + \dot{U}_3 + \dot{U}_4 + \dot{U}_5) \quad (3)$$

На выходе АЦП этот сигнал подвергается цифровой фильтрации с целью определения амплитуд гармонических составляющих выходного сигнала ($i=1,2,...,5$), значения которых используются в дальнейшем для расчета коэффициента нелинейных искажений в соответствии с формулой

$$КНИ = \frac{2R_{oc} + R_D}{2R_{oc}} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^5 \dot{U}_i^2}}{U_1} \quad (4)$$

Предварительно соответствующей программой определяется R_D .

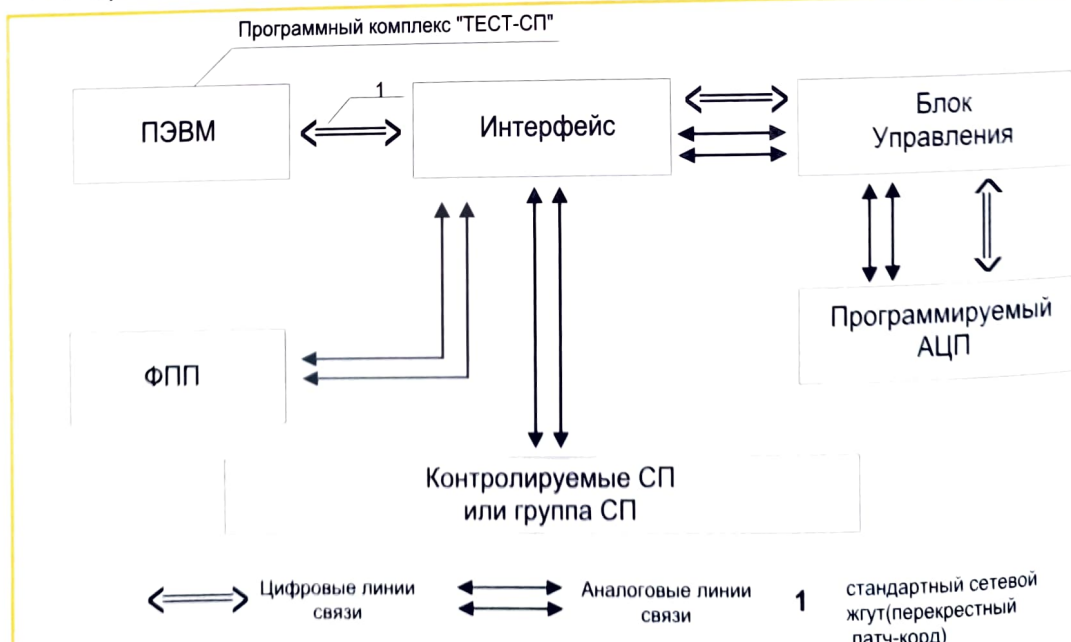


Рис. 1. Функциональная схема тестера "ТЕСТ-СП"

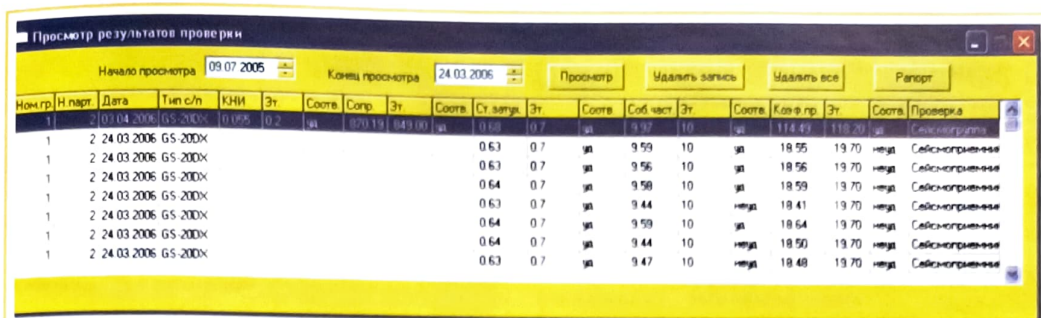


Рис. 2. Вид окна "Просмотр результатов проверки"

Определение собственной частоты, степени затухания и коэффициента преобразования одиночного сейсмоприемника (группы сейсмоприемников) осуществляется путем записи переходного процесса, возникающего в контуре сейсмоприемника, когда катушка сейсмоприемника, первоначально поднятая постоянным током из положения покоя, совершает свободные колебания при отключении тока. Собственная частота, степень затухания β и коэффициент преобразования μ рассчитываются по формулам:

$$f_0 = \frac{1}{2 T_1} \cdot \left[1 - \frac{(\ln |A_1/A_2|)^2}{\pi^2 + (\ln |A_1/A_2|)^2} \right]^{-1/2}$$

$$\beta = \ln |A_1/A_2| \cdot \left[\pi^2 + (\ln |A_1/A_2|)^2 \right]^{-1/2}$$

$$\mu = \sqrt{\frac{2\pi f_0 |A_1| m}{I_d} \cdot \exp \frac{\arctg(\beta^{-1} \cdot \sqrt{1-\beta^2})}{(\beta^{-1} \cdot \sqrt{1-\beta^2})}}$$

где A_1 и A_2 - амплитуды двух последовательных экстремумов зарегистрированного переходного процесса, определяемые путем параболической интерполяции.

T_1 - интервал времени между двумя последовательными экстремумами переходного процесса.

m - подвижная масса одиночного сейсмоприемника или группы сейсмоприемников,

указанная на экране дисплея (определяется нормативно-технической документацией на сейсмоприемник).

Величина входного тестового сигнала $U_{вх}$ устанавливается программно в зависимости от сопротивления сейсмоприемника (группы сейсмоприемников).

I_d - как и ранее, ток, вызывающий начальное отклонение катушки сейсмоприемника, равный $(U_{вх}/R_d)$. Величина R_d определяется перед измерением параметров переходного процесса соответствующей программой.

Программный комплекс «Тест-СП», аттестованный в соответствии с требованиями, предъявляемыми к компьютерным средствам измерения по МИ 2617 и МИ 2618, производит цифровую обработку сигнала АЦП и расчет параметров сейсмоприемников с нормированными значениями погрешности измерения параметров. По окончании работы программного комплекса на экране монитора появляется окно с результатами проверки сейсмоприемников (Рис 2).

После указания дат «Начало просмотра» и «Конец просмотра» по кнопке «Просмотр» в окне «Просмотр и печать результатов», будут представлены результаты тестирования сейсмоприемников в указанном интервале дат (Рис. 3).

На основании положительных результатов испытаний тестера был получен сертификат №18979 об утверждении типа средств измерений, зарегистрированный в Государственном реестре средств измерений, следовательно тестер «Тест-СП» может быть использован в метрологических и испытательных геофизических лабораториях, а также при производстве сейсмоприемников.

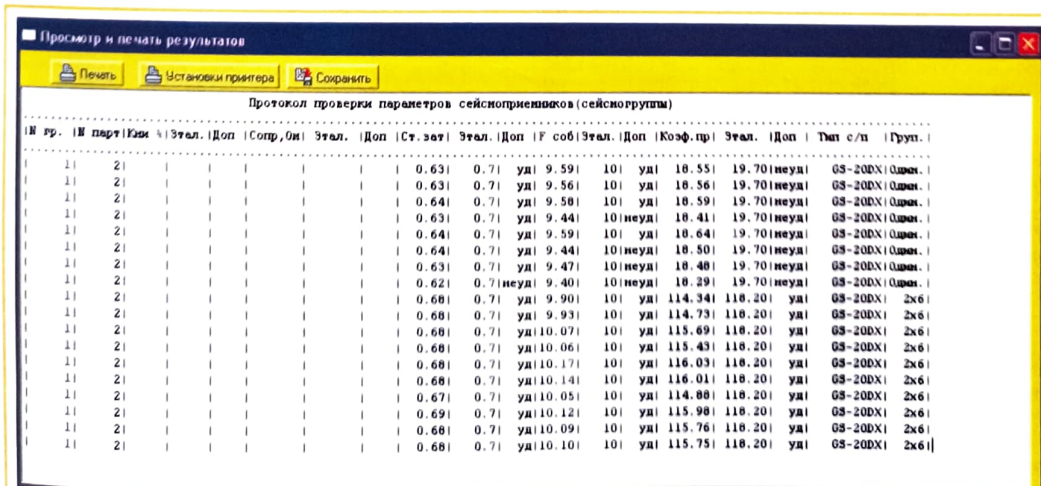


Рис. 2. Вид окна "Просмотр и печать результатов"



МЕТРОЛОГИЯ В ГЕОФИЗИКЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ