ISSN 0002-306X. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2010. Т. LXIII, № 3.

УДК 550.34.038.3 РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

В.К. САРКИСЯН

ЦИФРОВОЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЙ ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ СЕЙСМОМЕТР

Разработан широкодиапазонный трехкомпонентный сейсмометр с цифровым выходом. В корпусе сейсмометра размещено по три сейсмометра скорости и ускорения для одновременной записи двух горизонтальных и одной вертикальной составляющих скорости и ускорения колебаний. Аналоговые выходные сигналы преобразуются в цифровой код и записываются на SD карте с объемом памяти 2 *Гб.* Приводятся основные технические характеристики сейсмометра.

Ключевые слова: широкодиапазонный трехкомпонентный сейсмометр, сейсмометр скорости, сейсмометр ускорения.

В [1] нами была обоснована целесообразность разработки широкодиапазонного сейсмометра с цифровым выходом. Отличительной чертой нового сейсмометра является то, что широкий динамический диапазон измерения и оптимальная точность достигаются за счет того, что общий динамический диапазон 120 *дб* разбит на два диапазона по 60 *дб*, причем в первом диапазоне (от микросейсм до 6 баллов) измеряется скорость колебания почвы, а во втором (от 5 баллов и выше) - ускорение колебания почвы, при этом диапазоны перекрывают друг друга в промежутке 5…6 баллов.

Измерение скорости колебания почвы при малых колебаниях обосновывается также тем, что коэффициент преобразования (чувствительность) сейсмометра скорости более чем в 50 раз больше коэффициента преобразования сейсмометра ускорения.

Сейсмометры скорости и ускорения для измерения вертикальной и двух горизонтальных составляющих размещены в одном общем корпусе и производят одновременную запись скорости и ускорения. Это удобно тем, что записями скорости можно контролировать записи ускорения и наоборот.

Иногда для получения записи скорости колебания почвы интегрируют записи колебания ускорения, при этом возникает некоторая погрешность. Приведенное техническое решение исключает процесс интегрирования.

В качестве сейсмометра ускорения используются микросхемы фирмы Analog Devices [2] однокомпонентного акселерометра ADXL 103 - для измерения вертикальных колебаний и двухкомпонентного акселерометра ADXL 203 - для измерения горизонтальных составляющих колебания. Основные технические характеристики акселерометров приведены в таблице.

Таблица

Основные характеристики акселерометров

Характеристика		Величина
Диапазон измерения		±1,5 *g* (15 *м/с²*)
Нелинейность		± 0,5%
Боковая чувствительность		± 2%
Чувствительность (коэффициент преобразования)		1000 *мВ/g*
Резонансная частота		5,5*кГц*
Питание	напряжение	3,00 ... 6,00 *В*
	ток	0,7 *мА*

Выходное напряжение акселерометров усиливается дифференциальным усилителем в 10 раз. Принципиальная электрическая схема акселерометров с усилителем приведена на рис. 1.

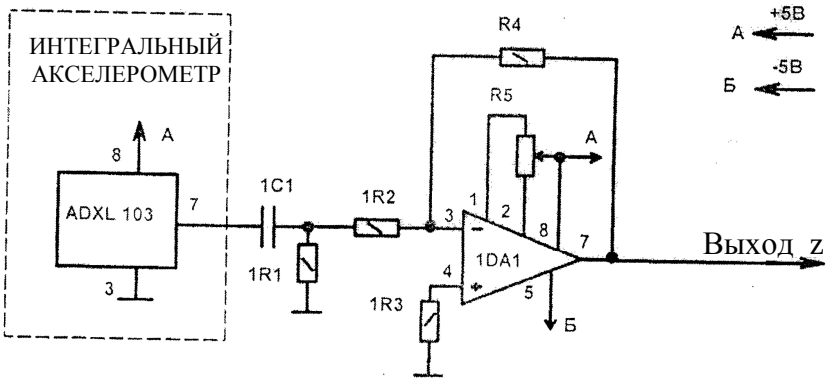

Рис.1. Принципиальная электрическая схема акселерометров с усилителем

Скорость колебания почвы измеряется маятниковым сейсмометром, принцип работы которого аналогичен принципу работы известного сейсмометра СМ-3. Конструкция сейсмометра имеет ряд преимуществ по сравнению с СМ-3. В результате конструктивных улучшений новый сейсмометр имеет следующие новые качества:

- маятник не имеет “мертвой зоны” (вариация показаний), так как механическое соединение маятника с уравновешивающей пружиной с сухим трением заменено упругим соединением (практически без трения);

- упругая крестовая опора маятника заменена новой, более надежной опорой, что исключает процедуру замены опоры при измерении вертикальных и горизонтальных колебаний;

- повышена надежность работы арретира маятника, исключающая повреждение упругой опоры при транспортировке сейсмометра;

- уравновешивающая вес маятника пружина заменена более прочной пружиной, исключающей остаточные деформации при работе маятника;

- улучшены механизм настройки собственной частоты сейсмометра и технология изготовления пружины с межвитковым давлением;

- конструкция сейсмометра более рациональна и технологична. В результате себестоимость изготовления сейсмометра по сравнению с СМ-3 снизилась более чем в два раза.

Принципиальная схема конструкции сейсмометра скорости для измерения вертикальной составляющей колебаний почвы показана на рис. 2 и аналогична схемам, приведенным в [3].

Маятник 1, роль инертной массы которого выполняет ярмо 2 с постоянным магнитом, уравновешивается пружиной растяжения 5. Пружина действует на маятник под углом β. Одновременно с уравновешиванием инертной массы пружина создает астазирующую силу, величина которой зависит от угла β. С уменьшением β астазирующая сила возрастает, а собственная частота маятника уменьшается. Механизм 4 служит для изменения угла β. В магнитном зазоре ярма размещена неподвижная катушка 3, которая имеет две обмотки: рабочую - для формирования выходного напряжения и обмотку затухания - для создания затухания маятника 0,60…065, которое достигается регулированием сопротивления катушки.

В начальный момент маятник с помощью пружины 3 приводится в горизонтальное положение. При колебаниях почвы корпус прибора начинает колебаться. При соответствующем выборе затухания маятник остается неподвижным. Относительное движение катушки в магнитном зазоре формирует выходное напряжение, пропорциональное скорости колебания почвы, настолько точно, насколько частота измеряемых колебаний больше собственной частоты маятника.

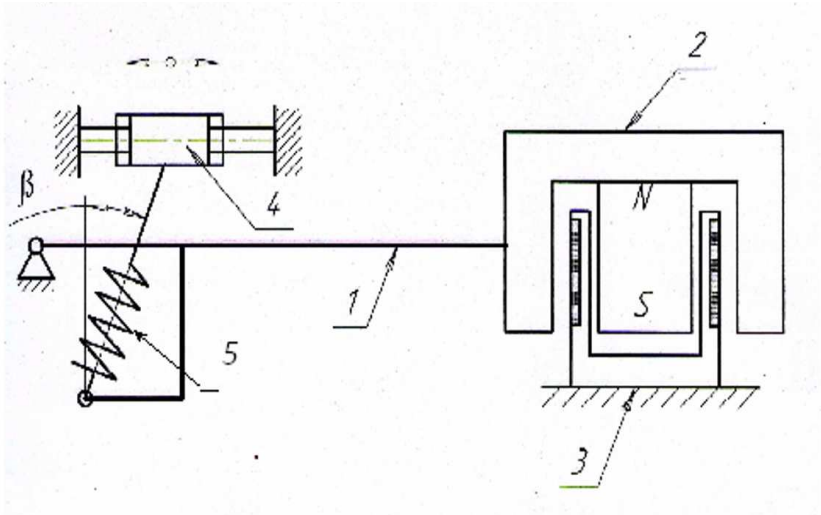

Рис.2. Принципиальная схема конструкции сейсмометра для измерения вертикальных колебаний

Собственная частота горизонтального маятника для измерения вертикальных колебаний определяется формулой

$$p^2 = \frac{ka^2}{J}\sin^2\beta,$$

где k – жесткость пружины; J - момент инерции массы маятника относительно центра качания; a - длина плеча соединения пружины с маятником.

Конструкция сейсмометра для измерения горизонтальных колебаний отличается от конструкции сейсмометра для измерения вертикальных колебаний более слабой уравновешивающей пружиной, так как в этом случае нет необходимости уравновешивания полного веса инертной массы, и собственная частота горизонтального маятника в основном получается выбором угла α (см. рис. 3) [4]:

$$p = \sqrt{\frac{g\alpha}{l}},$$

где l - длина маятника.

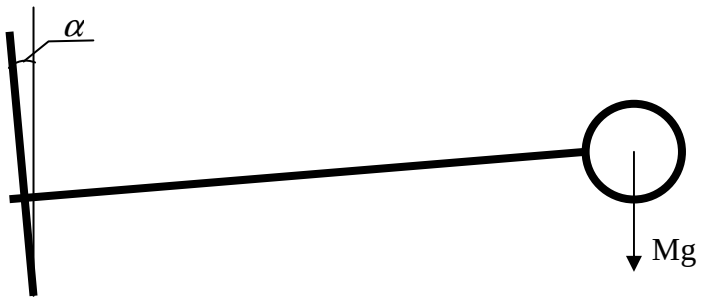

Рис.3.

Принципиальная схема конструкции сейсмометра для измерения горизонтальных колебаний

Разработанный сейсмометр имеет следующие основные технические характеристики:

- при измерении скорости колебаний: измеряемые компоненты колебаний – *X, У, Z;* диапазон измеряемых скоростей колебаний - 0,06…6 *см / с*; диапазон частот измеряемых колебаний – 1…*20 Гц*; собственная частота маятника – 0,5 *Гц*; относительный коэффициент затухания – 0,65; коэффициент преобразования – не менее 50 *В/ м/ с*; нелинейность амплитудной характеристики – 6%, неравномерность частотной характеристики – 6%, предел суммарной погрешности с доверительной вероятностью 0,95 - 10%;

- при измерении ускорений колебаний: измеряемые компоненты колебаний – *X, У, Z*; диапазон измеряемых ускорений колебаний 0,06…1,2 *м/ с*^{2}; диапазон частот измеряемых колебаний – 0…50 *Гц*; коэффициент преобразования – не менее 1 *Вм/с*^{2}; суммарная погрешность – 3%; общий динамический диапазон 120 (60+60) *дб*; габаритные размеры сейсмометра: 340х240х130 *мм*; масса – 9,5 *кг*.

Основные технические характеристики цифрового блока: объем памяти – 1 *Гб*; число каналов – 6; входной сигнал - аналоговый до 5,3 *В*; частота входных сигналов – 0…20 *Гц*; число записываемых событий - практически не ограничено (более 3000); длительность одной записи – 90 *с*; режим работы – непрерывный; начало записи – 1 *с* до начала события; разрядность АЦП – 10; выходной сигнал – цифровой на SD карте; возможность установки нижнего порога измеряемых амплитуд; питание – автономное, аккумуляторное - 6*В*; габаритные размеры цифрового блока: 150х140х40 *мм*; масса - 0,5 *кг*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Саркисян В.К., Саркисян Р.Е.** Некоторые метрологические вопросы сейсмометрии // Известия НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-2009.-Т.62, №3. – С. 330-336.
2. http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL103_203.pdf, Analog Devices. - 12 с.
3. **Саваренский Е.Ф., Кирнс Д.П..** Элементы сейсмологии и сейсмометрии.- М.: Техноиздат, 1955. - 531 с.
4. **Тимошенко С.П.** Колебания в инженерном деле. - М.: Наука, 1967. - 442 с.

Ин-т геофизики и инженерной сейсмологии, г. Гюмри. Материал поступил в редакцию 14.03.2010.

Վ.Կ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ԹՎԱՅԻՆ ԼԱՅՆԱՏԻՐՈՒՅԹ ԵՌԱԲԱՂԱԴՐԻՉ ՍԵՅՍՄԱՉԱՓ

Մշակվել է լայնատիրույթ եռաբաղադրիչ սեյսմաչափ՝ թվային ելքով: Սեյսմաչափի իրանում տեղադրված են երեք արագության և երեք արագացման սեյսմաչափեր՝ տատանումների հորիզոնական և ուղղաձիգ բաղադրիչների միաժամանակյա չափման համար: Անալոգային ելքային ազդանշանները կերպափոխվում են թվային կոդի և գրանցվում են SD քարտի մեջ, որի հիշողության ծավալը 2 Գբայթ է: Բերված են սեյսմաչափի հիմնական տեխնիկական բնութագրերը:

Առանցքային բառեր. լայնատիրույթ սեյսմաչափ, արագության սեյսմաչափ, արագացման սեյսմաչափ:

V.K. SARGSYAN

BROADBAND THREE-COMPONENT SEISMOMETER WITH DIGITAL OUTPUT

A broadband three-component seismometer with digital output is developed. Three velocity and three acceleration sensors are mounted inside the chassis for simultaneous measurements of vertical and horizontal components of vibrations. Analog output signals of the sensors are converted into digital code and logged to SD card with capacity of 2 Gb. Main technical characteristics of the seismometer are given.

Keywords: broadband three-component seismometer, velocity seismometer, acceleration seismometer.