

Физика

УДК 621.373
550.34.038,8

В. С. ГЕВОРГЯН

НОВЫЙ ДАТЧИК АБСОЛЮТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЙСМОМЕТРИИ НАНОМАСШТАБНОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Создан широкополосный датчик абсолютного положения, имеющий наномасштабное разрешение. Его можно использовать в качестве сенсора в сейсмографах. Он позволяет расширить частотную полосу традиционно используемой техники. Сейсмографы, снабженные таким сенсором, могут выявить и изучить медленные колебания земной коры, предшествующие землетрясению. Он позволяет также преобразовывать механические колебания начиная с амплитуды 2–3 нм и частоты практически квазистатических сдвигов в детектируемый электрический сигнал. Обсуждаются результаты испытаний такого датчика, внедренного в сейсмограф типа СМ–3 (Россия).

Введение. В работе обсуждаются преимущества и возможности нового датчика абсолютного положения наномасштабных смещений, основанного на автогенераторе с плоской однослойной катушкой (ПОК-метод) [1, 2]. Он был установлен внутри известного российского сейсмографа типа СМ–3 в качестве дополнительного сенсора для расширения его частотной полосы и увеличения чувствительности. Такое усовершенствование инерционных сейсмоприемников позволяет выявить и изучить медленно протекающие колебания земной коры, предшествующие землетрясениям.

Принцип работы нового сейсмического детектора. Нами была создана модель сенсора абсолютного положения и установлена в корпусе известного сейсмографа СМ–3. В полученном после такого улучшения «гибридном» СМ–3 плоская катушка является приемным контуром стабильного автогенератора (16 МГц) на туннельном диоде (ТД). В самом деле, в исходном СМ–3 установлены 2 автогенератора с идентичными плоскими катушками. Один из них используется как датчик положения, а второй – как опорный, служащий для компенсации всевозможного фона. Вставленный нами в СМ–3 датчик положения является дополнительным к его собственному вибросенсору, основанному на возникновении электродвижущей силы (ЭДС) в цилиндрической катушке. В новом сенсоре измеряемый эффект пропорционален изменению взаимного расстояния между плоской катушкой и металлической пластиной, колеблющейся параллельно поверхности катушки (рис. 1).

Таким образом, добавленный сенсор преобразует колебания земли в изменение частоты автоколебаний генератора на плоской катушке. Измеряемый сигнал появляется в результате движения катушки (жестко вмонтированной в корпус сейсмографа) по отношению к металлической пластине (прикрепленной к подвешенному маятнику или же к мембране), установленной вблизи поверхности катушки.

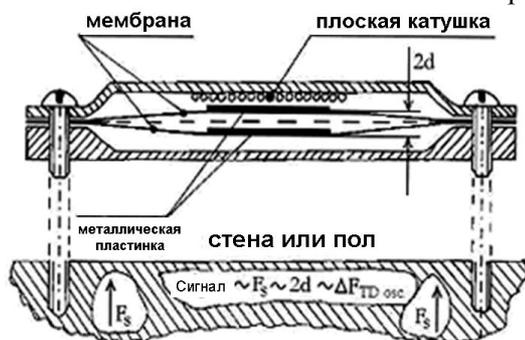


Рис. 1. Принципиальная схема нового виброчувствительного сейсмического детектора, основанного на датчике положения по ПОК-методу.

Рисунок 1 схематически показывает работу разработанного инерционного сейсмодетектора, основанного на новом датчике абсолютного положения (F_s – сила толчка, а d – вызванная ею амплитуда свободных колебаний маятника или мембраны).

Результаты испытаний сейсмического детектора. На рис. 2 приведены сравнительные данные экспериментов, при которых «гибридный» СМ–3 был закреплен на бетонном полу лаборатории, расположенной на 2-ом этаже. Заметим, что из данных рис. 2 прежде всего можно заключить, что выявленный новым сенсором уровень фоновой механической вибрации лабораторного здания в рабочие дни – порядка $\pm 400 \text{ Гц}$,

что соответствует амплитуде тряски пола порядка $\pm 40 \text{ нм}$, а ночью и по выходным дням – в 4 раза меньше. Но даже ночные вибрации примерно в 10 раз превышают уровень шума нового детектора при комнатных температурах. Однако охлажденные до температуры жидкого азота ТД-генераторы имеют еще на порядок лучшую стабильность (порядка $\pm(2-3) \text{ Гц}$) [1–5].

Сравнение отношений величин «сигнал-шум» нового (основанного на плоской катушке) и традиционного (основанного на возникновении ЭДС) сенсоров (оба установлены в одном СМ–3) позволяет заключить (рис. 2), что *новый сенсор на порядок более чувствительный*. Кроме того, поскольку новый сенсор детектирует абсолютный сдвиг положения, то он *может регистрировать самое начало квазистатических деформаций и колебательных процессов*, происходящих на низких частотах, в отличие от сенсоров на ЭДС, лежащих в основе

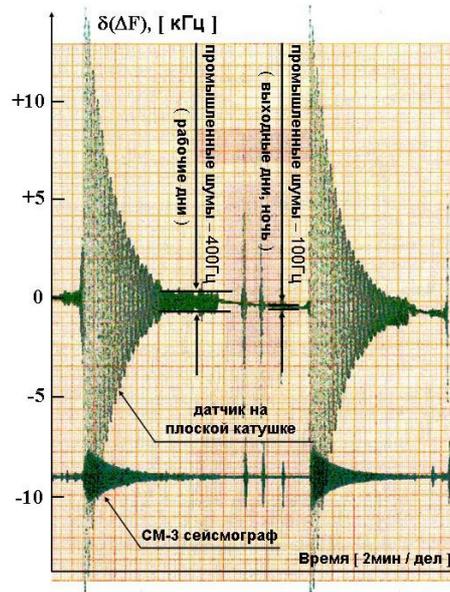


Рис. 2. Сравнительные данные величин «сигнал-шум» нового (основанного на плоской катушке) и традиционного (основанного на возникновении ЭДС) сенсоров СМ–3.

действующих инерционных сейсмометров. Это преимущество может оказаться ключевым для регистрации медленных колебаний земной коры, а также для наблюдений за приливом, отливом и формированием цунами, длящимся несколько часов.

Заключение. Разработан новый, широкополосный датчик положения наномасштабных сдвигов. Будучи внедренным в сейсмограф типа СМ–3 как дополнительный, он позволяет расширить частотную полосу и увеличить чувствительность этого прибора. Комбинированный таким сенсором положения «гибридный» сейсмограф СМ–3 позволяет преобразовывать механические колебания начиная с амплитуды 2–3 нм и частоты практически квазистатических сдвигов в детектируемый электрический сигнал. Высокая чувствительность данного датчика достигается также и тем, что частота измеряется с большей точностью, чем индуктивность и емкость. Вот почему очень похожий сенсор положения, но основанный на измерении индуктивности литографически приготовленной плоской однослойной катушки, имеет разрешение на 3 порядка меньше [6].

Автор признателен проф. А.Г. Саркисяну, доктору С.Г. Геворгяну за полезные советы и обсуждения, а также проф. Л.А. Ахвердяну за предоставленный СМ–3 сейсмограф для усовершенствования и сравнительных испытаний, а также за ценную консультацию по сейсмодетектированию.

Кафедра физики твердого тела

Поступила 28.09.2007

ЛИТЕРАТУРА

1. **Gevorgyan S.G., Kiss T.** et al. – Rev. Sci. Instrum., 2000, v. 71, p. 1488.
2. **Gevorgyan S.G., Kiss T.** et al. – Physica C, 2001, v. 366, № 1, p. 6.
3. **Van Degrift C.T., Love D.P.** – Rev. Sci. Instrum., 1981, v. 52, p. 712.
4. **Van Degrift C.T.** – Rev. Sci. Instrum., 1975, v. 46, № 5, p. 599.
5. **Gevorgyan S.G.** et al. – Rev. Sci. Instrum., 1998, v. 69, № 6, p. 2550.
6. **Roger A.** – Electronic Design, 1996, v. 16, p. 34–37.

Վ. Ս. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

ԲԱՅԱՐՉԱԿ ԴԻՐՔԻ ՆՈՐ ՏՎԻՉ ՍԵՅՍՄՈՍԵՏՐԻԱՅՈՒՄ
ՆԱՆՈՉԱՓՍԱՅԻՆ ԼՈՒԾՈՂԱԿԱՆՈՒԹՅԱՄԲ ՇԵՂՈՒՄՆԵՐ
ԳՐԱՆՑԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ստեղծված է հաճախության լայն տիրույթում բացարձակ դիրքի նանոչափաային շեղումներ գրանցող նոր տվիչ, որը կարելի է օգտագործել սեյսմոգրաֆներում որպես սենսոր: Այն թույլ է տալիս լայնացնել ավանդաբար օգտագործվող սարքերի հաճախականային տիրույթն ու բարձրացնել զգա-

յունությունը: Այդպիսի սենսորով համակցված ավանդական սեյսմոգրաֆները կարող են բացահայտել և ուսումնասիրել երկրաշարժերին նախորդող երկրակեղևի դանդաղ ընթացող սեփական տատանումները: Այն թույլ է տալիս 2–3 *նմ* և ավելի ամպլիտուդով, ինչպես նաև գրեթե քվազիստատիկ տեղափոխություններին համապատասխանող հաճախություններով մեխանիկական տատանումները փոխակերպել գրանցելի էլեկտրական ազդանշանի: Քննարկվում են այդպիսի տվիչով համալրված ռուսական CM-3 դասի սեյսմոգրաֆի փորձարկումների տվյալները:

V. S. GEVORGYAN

A NEW ABSOLUTE POSITION SENSOR FOR NANO-SCALE RESOLUTION SEISMOMETRY

Summary

A new class super-broadband, nano-scale resolution position sensor is created. It may be used as a sensor in seismographs. It enables to extend the frequency band of the available technique. Combined with such a sensor traditional technique may enable to study quasi-static deformations & low-order free oscillations of Earth crust precursor to earthquakes. It allows to transfer mechanical vibrations with amplitudes over 2–3 *nm*, into detectable signal in a frequency range starting practically from quasi-static movements. We discuss test data of such position sensor, installed in a Russian SM-3 seismometer, as the additional pick-up component, showing its advantages compared with the traditional technique.