

## КОМПЕНСАЦИОНЕН НИСКОЧЕСТОТЕН СЕИЗМОПРИЕМНИК COMPENSATION LOW - FREQUENCY SEISMORECEIVER

ст.н.с. д-р инж. Гаро Хугасов Мардиросян

н.с. инж. Бойчо Великов Бойчев

Dipl. Eng. Garo Mardirossian, PhD

Dipl. Eng. Boytcho Boytchev

*Институт за космически изследвания при БАН*

*Space Research Institute, BAS*

The paper is devoted to an essentially new method for generation of the seismoreceiver's output electrical signal, corresponding to the acceleration of the ground on which it is mounted. The principle consists in the forced keeping of the pendulum of the seismoreceiver in conditionally still („zero“) position by a mechanical force proportional to the electrical signal, worked out by a tracking system and fed to the coil of the seismoreceiver. It is this signal which corresponds to the force causing the pendulum of the conventional seismoreceiver to move under external stimulation.

Добре са известни недостатъците на най-широко използваните класически махални сеизмоприемници с магнитоелектрически преобразувател (А п п а р а т у р а и м е т о д и к а...,1978; М а р д и р о с я н, 1985). Тези недостатъци са свързани преди всичко с амплитудния и честотния диапазон и се изразяват като неадекватна регистрация на амплитудите, периодите и фазите на сеизмичните колебания, когато те са в по-широк диапазон.

Компенсационният сеизмоприемник е разработен с цел получаване на възможност за адекватна регистрация на движения на грунта с по-големи амплитуди и в по-широк честотен диапазон, отколкото при съществуващите класически махални сеизмоприемници с магнитоелектрически преобразуватели. Принципът се състои в принудително поддържане на махалото на сеизмоприемника в условно неподвижно („нулево“) положение чрез електромеханична сила, пропорционална на електрически сигнал, изработен в системата, следяща положението на махалото спрямо шасито (Б о й ч е в, М а р д и р о с я н, 1999).

Фиг.1 представлява илюстрация на предложението и използван метод. На подходящо място на рамката на махалото 1 на сеизмоприемника (в случая на разстояние  $L$  от центъра на окачването му  $O$ ) от едната страна се намира диференциален фотоприемник 2, а от другата – излъчвателен диод 3, и двете неподвижно свързани с шасито на сеизмоприемника. Изводите на диференциалния фотоприемник 2 са включени във входовете на предварителен съгласуващ електронен усилвател 4, изходът на който е свързан с входа на усилвател 5, об-

хванат от блок за обратна връзка 6. Единият изход на усилвателя 5 е включен към мощен преобразувател напрежение–ток 7, към изхода на който са включени двата извода на индукционната намотка 8. Другият изход на усилвателя 5 е подаден към регистриращо устройство – например компютър.

Компенсационният сеизмоприемник действа по следния начин. Когато следствие на някакъв естествен (земетресение, свлачище и др.) или антропогенен (взрив и др.) геодинамичен процес грунът започне да се движи, заедно с него се движи и шасито на сеизмоприемника, а махалото запазва неподвижно състояние, т.е. получава се относително движение между шасито и махалото. При това сянката на рамката (например на горния ѝ ръб) също се движи върху диференциалния фотоприемник 2, в който се получават електрически сигнали съответстващи на посоката и амплитудата на движението на махалото, т.е. на моментното му положение спрямо шасито. Тези сигнали постъпват в предварителния съгласуващ усилвател 4, в който се преобразуват в един двуполярен електрически сигнал, пропорционален на преместването на сянката върху повърхността на фотоприемника 2. Този сигнал постъпва на входа на следящата система, състояща се от усилвателя 5, блока за обратна връзка 6 и мощния изходен преобразувател напрежение–ток 7. Изходният ток, изработен в блок 7 се подава на индукционната намотка 8. Протичащият през нея ток, взаимодействайки си с полето на постоянния магнит 9 създава компенсираща механична сила, обратна на силата, предизвикваща относителното движение на махалото спрямо шасито. При подходящо нормиране на параметрите на следящата система чрез блока за обратна връзка 6, компенсиращата сила е равна и обратна по посока на силата, предизвикваща движението на махалото и напълно я компенсира. По този начин махалото се поддържа относително неподвижно спрямо шасито, движенията на неговата сянка върху фотоприемника 2 граничат с нулата, а електрическият сигнал, използван за компенсиране на тази сила, носи информация за реалното движение на шасито на сеизмоприемника, респ. на земната повърхност.

За да се компенсира движението на шасито на сеизмоприемника, т.е. на относителното движение между шасито и махалото, трябва към последното да се приложи компенсираща механична сила  $F_c$ , обратна по посока и равна по големина на силата, придаваща движение на махалото.

Силата  $F_c$  може да се изрази като произведение на масата  $M$  на махалото и ускорението  $\ddot{X}$  на шасито на сеизмоприемника:

$$(1) \quad F_c = -M \cdot \ddot{X}$$

Аналогичен израз може да се представи чрез приведената дължина на махалото  $L_S$ , инерционния момент  $J_S$  на махалото и момента  $M_F$  на силата:

$$(2) \quad M_F = - \frac{J_S}{L_S} \ddot{\chi}$$

или

$$(3) \quad M_F = - \kappa \ddot{\chi}$$

където  $\kappa$  е коефициент, зависещ от конструктивните параметри  $L_S$  и  $J_S$  на сеизмоприемника (А п п а р а т у р а и м е т о д и к а..., 1978).

Връзката между момента  $M_F$  на силата и електрическият ток  $i_F$ , протичащ през индукционната намотка  $R_{SG}$  (8 от фиг. 1) на магнитоелектрическият преобразувател на сеизмоприемника е:

$$(4) \quad M_F = G_s \cdot i$$

Тук  $G_s$  е магнитоелектрическа константа, има дименсия  $v.s/rad$  и характеризира преобразувателя на сеизмоприемника (параметри на постоянния магнит, брой намотки  $n$ , омично съпротивление на индукционната намотка, геометрични параметри и др.).

Една примерна реализация е илюстрирана на фиг. 2, представляваща най-общата принципна електрическа схема на сеизмоприемника. Номерацията на блоковете очертани с пунктирната линия съответства на номерацията от фиг. 1. В качеството на диференциален фотоприемник (блок 2) е използван координатен фотодиод (И ш а н и н, 1986). Изходящият сигнал  $U_{per}$  за регистрация се получава от изхода на усилвателя 5. Резисторът  $R^*$  се подбира в зависимост от необходимото затихване за получаване на исканата амплитудно-честотна и фазово-честотна характеристика, а е възможно и да не се налага включването му в схемата.

Предимствата на компенсационния сеизмоприемник са:

- Разширява се динамичния диапазон, т.е. сеизмоприемникът може да регистрира движения на грунта с значително по-големи амплитуди в сравнение с най-широко разпространените класически магнитоелектрически сеизмоприемници (А п п а р а т у р а и м е т о д и к а..., 1978, Long-Period Seismometer..., 1980). Теоретичното увеличение на динамичния диапазон е 2 и повече порядъка, естествено при достатъчно ниски честоти. Това е напълно удовлетворяващо и при регистрация на катастрофални земетресения в епицентрални области.

- Поради елиминиране на влиянието на резонансните свойства на махалото честотната област на регистрацията е значително по-широка. При използване на разработения метод се разширява амплитудно-честотната характеристика на сеизмоприемника, а оттам и на сеизмографа, без да се налага намаляване на увеличението му.

- Значително се намаляват фазовите изкривявания. Компенсационният сеизмоприемник всъщност работи като презатихнало махало с малки фазови изкривявания, но същевременно с възможност да регистрира движения на грунта в коментирания по-горе съществено разширен динамичен диапазон.

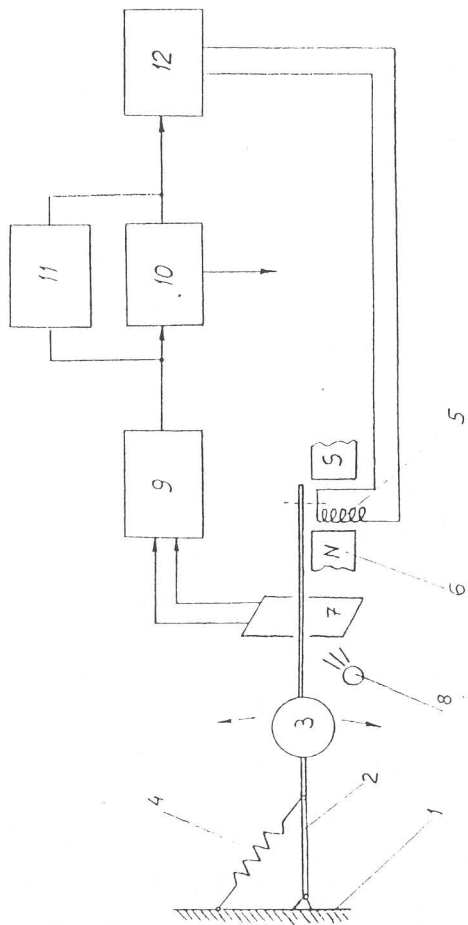
- Като следствие от гореизброените предимства се решава противоречивият проблем между амплитудно-честотна характеристика, фазово-честотна характеристика и "увеличение" на сеизмографа.

- Очевидно е, че с подобни характеристики един и същи сеизмоприемник може да се използва както за регистрацията на катастрофални земетресения в епицентрални области, така и за регистрацията на слаби и отдалечени земетресения.

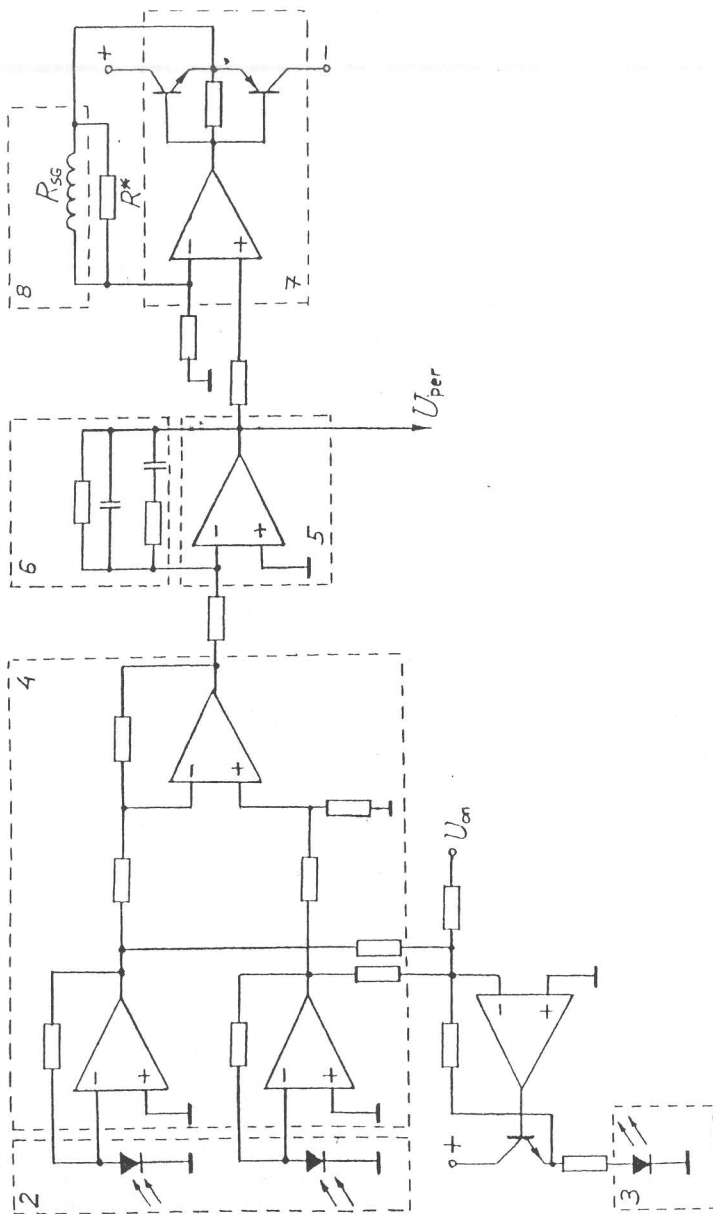
- Удължава се срокът на експлоатацията на сеизмоприемника. При отслабване на магнита се намалява и нивото на съответния електрически сигнал, което обаче при съвременните електронни усилватели не е проблем. Всъщност причината сеизмоприемниците да излязат от употреба е, че при слаб магнит не може да се постигне необходимото затихване (демпване) на махалото. Чрез компенсационния сеизмоприемник се решава този проблем, тъй като към затихването, осигурявано от затихващата намотка  $R_{SD}$  при нужда вече може да се прибави зативането внасяно чрез работната намотка  $R_{SG}$  от електронната схема и резистора  $R^*$ .

### *Литература:*

1. Бойчев, Б., Г. Мардиросян. Компенсационен сеизмоприемник. Заявка за патент, рег. N 103660Б 1999, Патентно ведомство на Република България.
2. Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. Наука, Москва, 1978.
3. Мардиросян, Г. Кандидатска дисертация. ИКИ - БАН, 1985.
4. Ишанин, Г. Приемники излучения оптических и оптико-электронных приборов. Машиностроение, Ленинград, 1986.
5. Long-Period Seismometer. Operation and Maintenance Manual. Tele-dyne Geotech, Texas, 1980.



ФИГ. 1



Фиг. 2