



Электромеханические источники сейсмических колебаний типа «Терра»

Бару Ю.А., Водаков Г.С., Зайцев И.Т., Мельник А.К., Ткаченко В.П.,
ОАО завод «Потенциал», г. Харьков

Прогресс в различных областях техники вплотную связан с внедрением новых технологических процессов, эффективность которых во многом определяется видом используемой энергии. В тех случаях, когда технологический процесс требует импульсного механического воздействия при стабильности амплитуды, длительности и частоты следования используемых порций энергии, вне конкуренции является применение электромеханических систем. При этом реализуются преимущества электричества как наиболее организованного и управляемого вида энергии.

Сотрудниками СКБТБЭ «Потенциал» (Харьков) в 70-х годах разработан чисто электротехнический способ получения импульсов механической силы. Использование этого способа позволило ОАО завод «Потенциал» изготавливать импульсные электромеханические сейсмоисточники, получившие

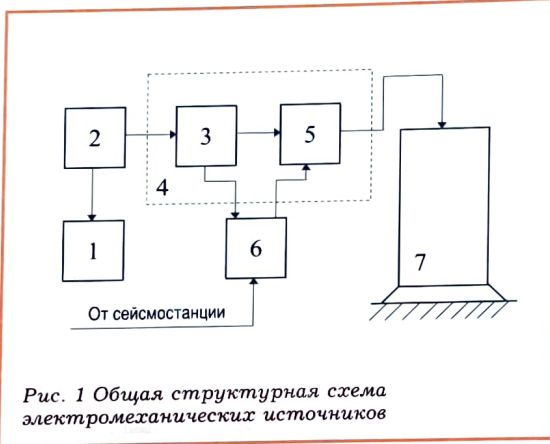


Рис. 1 Общая структурная схема электромеханических источников

название "сейсмодины" ("Сейсмодин С4800/12" и "Сейсмодин С7200/15"), и импульсно-кодовые источники "сейсмокоды" (ИКИ 10/40, ИКИ-4 и ИКИГ-1). Последний источник горизонтального действия для возбуждения поперечных волн.

Структурная схема всех электромеханических источников общая (рис. 1).

По сигналу оператора от источника электропитания (1) при помощи зарядного устройства (2) производится заряд емкостных накопителей (3) генератора электрических импульсов (4). Разряд накопителя производится по сигналу сейсмостанции. При этом из блока управления (6) поступает сигнал на тиристорные коммутаторы (5). Сформированный электрический импульс подается на обмотки линейного импульсного электромеханического преобразователя (ЛИЭП) (7). Развиваемый при этом импульс механической

силы используется не в виде удара, а в виде импульса давления (прессовой нагрузки), который передается грунту при помощи опорного элемента. Безударность возбуждения колебаний обеспечивает стабильность (воспроизводимость) воздействия, синхронность при группировании источников, повышает надежность и ресурс работы ЛИЭП. Удельные давления под опорной плитой не превышают $(6 \div 10) \cdot 10$ Па, что обеспечивает передачу нагрузок грунту в пределах его упругих деформаций, в результате чего источник может обрабатывать на одной стоянке без переезда сотни воздействий.

Реактивный механический импульс воспринимается статором, погруженным инертной массой.

По принципу действия ЛИЭП подразделяются на три типа:

- электродинамические, в которых электродинамическое преобразование происходит в результате взаимодействия токов, протекающих по обмоткам якоря и статора;
- электроиндукционные, импульс силы в которых образуется при взаимодействии магнитного поля обмотки статора с током, индуцируемым в короткозамкнутом контуре, расположенном на якоре;
- электромагнитные, механическая сила в которых возбуждается при взаимодействии магнитного поля обмотки индуктора с ферромагнитным телом, расположенном на якоре.

Выбор типа ЛИЭП зависит от технических требований к сейсмоисточнику: амплитуды силового импульса, длительности механического воздействия, величины перемещения якоря и пр.

Вне зависимости от принципа действия ЛИЭП процессы в нем подчиняются одной и той же закономерности, описываемой формулой:

$$W_{\text{мех}} = W_{\text{эл}} + W_{\text{пот}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{эл}}$ - электрическая энергия, подводимая от сети электропитания за исключением потерь в меди обмоток;

$W_{\text{мех}} = F \cdot v \cdot \Delta t$ - энергия системы, преобразованная в механическую энергию;

F - сила взаимодействия механической и электрической частей системы, т.е. сила, обеспечивающая возбуждение упругих колебаний в земной коре;

v - скорость;

Δt - длительность взаимодействия;

Таблица 1 Технические характеристики источников "Терра"

Технические характеристики	Терра-М	Терра-2	Терра-2А
Амплитуда импульса силового воздействия, Н (кгс)	2700 (270)	15000 (1500)	15000 (1500)
Длительность импульса силового воздействия, мс	5		
Частота повторения импульсов, имп /с, не более	1		
Точность синхронизации, мс	0.5		
Источник питания	Аккумулятор 6СТ-60		
	1 шт.	4 шт.	4 шт.
Напряжение питания, В	12	24	
Ресурс без подзарядки аккумуляторов, ч	8	16	16
Транспортное средство	Переносной	Прицеп легкового автомобиля ПГУ-60	Автомобиль УАЗ-3303-01
Полная масса источника, кг	36	695	2210

W - изменение запасенной магнитной энергии.

Физически соотношение (1) означает, что сеть электропитания должна обеспечить не только совершение механической работы, но в то же время дать дополнительное количество энергии, запасаемой в магнитном поле.

Для снижения энергопотребления источника, а следовательно, и снижения его массы, что для мобильных устройств имеет особое значение, в выпускаемых ОАО завод "Потенциал" сейсмоисточниках предусмотрена рекуперация энергии, запасенной в обмотке ЛИЭП, обратно в конденсаторный накопитель. При этом первичная энергия аккумулятора или синхронного генератора используется только для дозарядки накопителя до рабочего напряжения. Это, помимо экономии электроэнергии, снижает и время зарядки накопителя, а значит, обеспечивает возможность повышения частоты повторения силовых воздействий.

Идеи и принципы, использованные в конструкции и электрических схемах "сейсмотринов" и "сейсмокодов", явились основой при разработке электромеханических источников типа "Терра", которые последние пять лет определяют направление работ ОАО завод "Потенциал" в области невзрывной сейсморазведки.

Источники "Терра" предназначены для исследования малых и средних глубин геологического разреза.

Область применения источников:

- изучение верхней части разреза при поиске нефти, газа и других полезных ископаемых;

- инженерно-строительные изыскания, предшествующие строительству метрополитенов, электростанций и других крупных сооружений;

- экологические исследования, проводимые с целью выявления источников загрязнения подземных вод;

- изучение карстовых явлений и оползней;

- работы, связанные с сейсморайонированием.

Сейсмоисточники "Терра" разработаны с учетом требований, предъявляемых при проведении малоглубинной, в т.ч. инженерной сейсморазведки: автономность, небольшие габариты, вес, масса и стоимость, минимальное количество обслуживающего персонала, возможность работы в труднодоступных местах. В источниках используются ЛИЭП электромагнитного типа, что обеспечивает высокую эффективность преобразования энергии - 120÷150 Н/Дж. ЛИЭП имеют магнитопроводы с коллекторной шихтовкой и кольцевую обмотку, что существенно уменьшает потоки рассеяния.

Все это уменьшает размеры питающих аккумуляторов конденсаторного накопителя и самого ЛИЭП, обеспечивает значительный ресурс аккумуляторов без подзарядки, облегчает транспортировку источника на профиле.

Технические характеристики выпускаемых заводом источников "Терра" приведены в таблице 1.

ИСТОЧНИКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

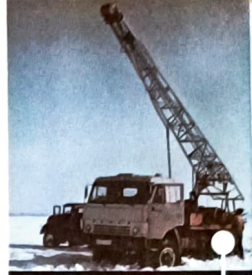




Рис. 2а

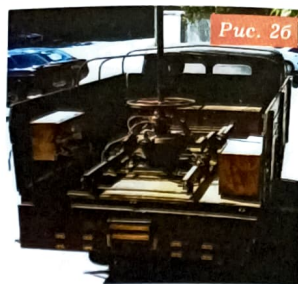


Рис. 2б



Рис. 2в

Рис. 2а Комплект оборудования "Терра-М"
Рис. 2б Сейсмоисточник "Терра-2А" в транспортном положении
Рис. 2в Сейсмоисточник "Терра-2А" в рабочем положении

Источники работают с сейсмостанциями любого типа.

На рис. 2а изображен комплект оборудования "Терра-М".

На рис. 2б сейсмоисточник "Терра-2А" в транспортном положении.

На рис. 2в "Терра-2А" в рабочем положении. Крымской ГРЭ ПГО "Укргеофизика" в Восточном Крыму с одним источником "Терра-М" в режиме накопления 50÷70 воздействий (общая продолжительность сеанса менее 1 мин.) были исследованы глубины до 300 м. Источник "Терра-М" использовался и при инженерных изысканиях в Алупкинском дворцово-парковом комплексе при оценке ситуации с Воронцовским дворцом. Откартирована кровля коренных пород на глубинах 50÷60 м. Частотный спектр отраженных волн достигал 150÷160 Гц.

В июле-августе 2000 г. Приднепровской ГРЭ ПГО "Укргеофизика" были проведены полевые работы с двумя источниками "Терра-М" в пределах Коробочкинской площади (Харьковская обл.) и на региональном профиле МОГТ Старобешево-Шахтерск-Луганск (Донецкая обл.).

В пределах Коробочкинской площади северного борта ДДВ уже при 50 накоплениях наблюдалось достаточно уверенное прослеживание преломленных волн на всей базе приема 950 м. Большое соотношение сигнал/помеха и динамическая выраженность первых вступлений позволяло надежно выполнять корреляцию последних и получать необходимую информацию о строении зоны малых скоростей.

При прослеживании отраженных волн применение полосовой и пространственной фильтраций позволяло надежно изучать отражения до 1+1.1 с, что соответствовало глубине 1200÷1350 м. Успешными были результаты работы и по методике прямого МСК.

Источники "Терра-2" используются в Украине, России, Казахстане. Один из образцов установки эксплуатировался в районе Северо-Ставропольского подземного хранилища газа (ПХГ) в районе населенного пункта Пелагида, где возник газовый грифон.

Для определения герметичности ПХГ и выявления возможных путей миграции газа был проведен комплекс работ, в т.ч. и сейсморазведочных.

Сейсморазведка должна была проследить как неглубоко залегающие горизонты (примерно с глубин 30÷40 м), так и горизонты хадума, в которых находится ПХГ. Сложность работ заключалась в том, что использование взрывных работ в районе ПХГ исключалось, применение мощных гидравлических вибраторов могло привести к разрушению жилых строений. Поэтому в качестве источника возбуждения была выбрана установка "Терра-2". Регистрация отраженных волн осуществлялась сейсмостанцией "Прогресс-Л".

Полевые работы показали, что с помощью одного источника при отсутствии интенсивных помех возможно стабильное прослеживание геологического разреза до глубин 0.4÷0.5 с. Исследование до глубин 0.85÷0.9 с. возможно при группировании источников.

Важным является то, что частотный спектр отраженных волн по сравнению со спектрами ОВ, полученных при использовании газодинамического источника СИ-32 и гидравлического вибратора СВ 10/80, был существенно шире, и простирался до 60÷65 Гц, что обеспечивало достаточно высокую разрешенность записи.

Был также сделан вывод о том, что в тех населенных пунктах, где очень узкие дороги и невысокое качество строительства домов, а линии магистральных газопроводов и водопроводов проходят вдоль обочин дорог, единственным средством для проведения разведки является источник "Терра-2".

В настоящее время в ОАО завод "Потенциал" ведется работа по созданию источников типа "Терра" с более высокой сейсмической эффективностью на базе автомобиля "Урал".