

Система синхронизации, управления и контроля SGD-SP для электромагнитных импульсных источников сейсмических колебаний

Беленко А.А., Ревунов А.Б., Черепанов В.П., Шпильман С.А., НПК "СибГеофизПрибор", г. Новосибирск

НПК "СибГеофизПрибор" завершило разработку системы синхронизации, управления и контроля SGD-SP (система SGD-SP) для электромагнитных импульсных источников возбуждения сейсмических колебаний и приступило к ее серийному производству. За три полевых сезона 2002-05 система успешно и поставлено геофизическим подразделениям контроллеров SGD-SP - 44 шт. и более, для синхронизации и управления SGD-SP - 20 шт., которые применяются более чем в 20 ГСН и ГСН геофизических партий России.

Система синхронизации и управления SGD-SP предназначена для работы в составе многоканальных сейсмостанций отечественного и зарубежного производства SN-368, SN-388, 408U1, фирмы Seisec (Франция), I/O SYSTEM и др. фирмы (XPI T OI TPI T, Inc (США) и т.п. при проведении профильных и площадных сейсмостанционных работ с применением импульсных электромагнитных источников возбуждения сейсмических колебаний типа "ЕНИСЕЙ", "ГЕОТОН" и т.д.

Возбуждение сейсмических колебаний может осуществляться от одной до четырех независимых систем SGD-SP (группами) возбуждения, в состав каждой из которых входит до четырех ("ГЕОТОН", "Енисей СЭМ-20") или до пяти ("Енисей СЭМ-100", "Енисей ВЭМ-100", "Енисей КЭМ-130", "Енисей КЭМ-4") синхронных подгрупп (пунктов) возбуждения. В каждый пункт возбуждения может входить от одного до шести источников "ГЕОТОН" ("СЭМ-20"), до двух источников "Енисей СЭМ-100", "Енисей ВЭМ-100" или один "Енисей КЭМ-130", "Енисей КЭМ-4". Таким образом, возможно возбуждение сейсмических колебаний одновременно двадцатью четырьмя источниками "ГЕОТОН" ("СЭМ-20"), десятью - "Енисей СЭМ-100" или пятью - "Енисей КЭМ-4" [1], [2].

Сначала немного истории о создании современной системы синхронизации, управления и контроля для электромагнитных импульсных источников.

Система синхронизации SGD-S, которая выпускается НПК "СибГеофизПрибор" (ранее "СибГеоСейс") с 1999 г., была предназначена не только для работы с взрывными источниками возбуждения сейсмических колебаний, но и с невзрывными. Управление запуском невзрывного (импульсного) источника было решено здесь традиционным способом, как и во всех системах синхронизации того времени. Т.е. вместо подачи высокого напряжения на клеммы "боевой линии" для поджига заряда на дополнительном выходе синхронизатора (дешифратора) формируется сигнал запуска импульсного источника. Принципиальным недостатком этих систем синхронизации является

отсутствие возможности передачи контрольной информации о работе электромагнитного источника по существующему обратному каналу, аналогично сигналу T_{верг} для взрывных систем синхронизации.

В августе 2001 г. по заказу филиала "ГЕОТЕХНОЦЕНТР" ОАО "Енисейгеофизика" была завершена разработка и изготовлен опытный образец системы синхронизации и управления кодоимпульсным электромагнитным источником возбуждения сейсмических колебаний на базе системы синхронизации SGS-S. В этой аппаратуре впервые для контроля качества работы электромагнитного источника были применены акселерометры и тензометрические датчики. В это же время проходила испытания аппаратура, разработанная и изготовленная ЗАО "Сейс Эл", в которой также использовались акселерометры. В ходе испытаний было установлено, что сильные электромагнитные помехи, которые сопутствуют работе источника в момент удара и заряда накопительного конденсатора, сильно мешают достоверному измерению величин ускорения аналоговыми акселерометрами. Поэтому, один из вариантов решения данной проблемы и возможно единственный, это создание компактного цифрового датчика ускорения полностью защищенного от электромагнитных помех. Что и было реализовано при разработке системы синхронизации и управления SGD-SP в 2002 г.

В декабре 2001 г. по заказу ОАО "Хантымансийскгеофизика" была сделана попытка реализации контроля качества работы источника "Енисей СЭМ-100" под управлением системы синхронизации SGS-S с использованием канала T_{верг} и аналоговых акселерометров. Хотя было понятно, что система не приспособлена для решения этих задач. Однако необходимо было оснастить производственные подразделения уже в текущем полевом сезоне какой-либо системой контроля. В ходе работ в полевом сезоне 2001-02 гг. стало окончательно ясно - необходима разработка специализированной системы синхронизации, управления и контроля для электромагнитных импульсных источников возбуждения сейсмических колебаний, потому что низкая помехозащищенность аналоговых акселерометров не позволяет достоверно зарегистрировать величину ускорения (силу), время начала и окончания воздействия источника на грунт. Максимально, что можно было зарегистрировать - ударил источник или нет. Кроме того, существующая система синхронизации не позволяет контролировать работу одновременно несколько источников и управлять силой воздействия источника на грунт.

В сентябре 2002 г. был получен заказ на создание такой специализированной системы синхронизации,

"ЕНИСЕЙ" ОТ ОАО "ЕНИСЕЙГЕОФИЗИКА" ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Таблица 1. Перечень, объем и распределение оборудования выпущенного по настоящее время.

Организация	Тип источника	Контроллер SGD-SP	УСУ SGD-SP	КС SGD-SP	Акселерометр SGD-SP
ОАО Тюменнефтегеофизика ОАО Ямалнефтегеофизика ОАО Самаранефтегеофизика	ГЕОТОН	20	44	169	177
ОАО Хантымансийскгеофизика ОАО Сибнефтегеофизика ООО Богучанская ГЭ ООО Илимпейская ГЭ	Енисей СЭМ - 100	23	83	105	223
ОАО Башнефтегеофизика	Террадин-3	1	1	1	4

состоянии, в которых **SGD-SP** для электромагнитных источников "Енисей-100". Первые комплекты этой системы были установлены на 32х источниках были установлены в декабре 2002 г. в адрес ОАО "Хантымансийскгеофизика". В январе 2003 г. были отгружены два комплекта для установки на 30 источников в адрес ОАО "Хантымансийскгеофизика".

Опыт эксплуатации в зимнее время 2003 г. в Эвенкий и в Хантайском районах Севера показал правильность выбора технических решений и надежность работы оборудования.

В апреле 2003 г. в Наровском районе Тюменской области на базе СНСХ Туринского ЦЭ ОАО "Хантымансийскгеофизика" были проведены производственные испытания системы **SGD-SP**, установленной на источниках "Енисей СЭМ-100". По результатам испытаний ОАО "Хантымансийскгеофизика" было заказано оборудование для установки на 40 источниках "Енисей СЭМ-100".

В таблице 1 приведен перечень, объем и распределение оборудования выпущенного по настоящее время.

Главные особенности системы синхронизации и управления **SGD-SP**:

- надежная работа в составе многоканальных сейсмических станций отечественного и зарубежного производства;
- высокая помехоустойчивость и точность синхронизации в условиях сильнопересеченной местности и промышленных радиопомех (± 50 мкс);
- независимая работа одновременно четырех систем синхронизации;
- работа контроллера в режиме "ведущий-ведомый" для группирования неограниченного количества сейсмостанций и их синхронного запуска;
- одновременная синхронизация, управление и контроль 24-х источников;
- управление напряжением заряда накопительных конденсаторов (сила удара);
- регистрация значений величины ускорения с помощью цифрового акселерометра для контроля силы удара, начала и окончания времени воздействия (удара) источника на грунт;
- регистрация значений величины тока с помощью цифрового датчика тока для контроля тока в электромагните источника;
- контрольная запись величин ускорения и тока в энергонезависимое ЗУ УСЦ;
- перезапись контрольных записей из энергонезависимого ЗУ УСЦ во внешнее ЗУ **SGD-MFlash** или на Notebook;
- передача по радиоканалу контрольных записей о работе каждого источника на сейсмостанцию и их отображение на вспомогательном канале или на экране вспомогательного компьютера типа Notebook.

В состав системы **SGD-SP** входят следующие



Рис. 1. Контроллер SGD-SP.

устройства.

Контроллер **SGD-SP**, который предназначен для передачи на команды "FIRE" устройства синхронизации и управления (УСУ) **SGD-SP**, формирования "Time Break" для запуска сейсмостанции, приема сигналов "Decoded Time Break", "Confirmation Time Break" и сигнала "Analog Up Hole Time". Контроллер **SGD-SP** устанавливается на сейсмостанции (рис. 1).

Устройства синхронизации и управления (УСУ) **SGD-SP** (от 1 до 5), которые предназначены для приема и дешифровки команды "FIRE", переданной контроллером, дистанционного управления и контроля источников, формирование сигналов "Decoded Time Break", "Confirmation Time Break" и передачи их на контроллер. УСУ устанавливаются на транспортных средствах (например, тракторах) буксирующих от 1 до 6 источников (рис. 2).

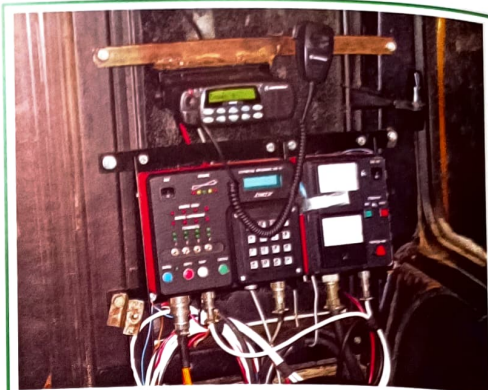


Рис. 2. Устройство синхронизации и управления SGD-SP.

Коммутаторы-стабилизаторы (КС) **SGD-SP** (от 1 до 24), которые предназначены для управления зарядом накопительных конденсаторов источника, организацией обмена данными между цифровыми акселерометрами и датчиками тока и УСЦ **SGD-SP**. Коммутаторы-стабилизаторы **SGD-SP** устанавливаются рядом или внутри устройства зарядоразряда (УЗР) на источниках (рис. 3).

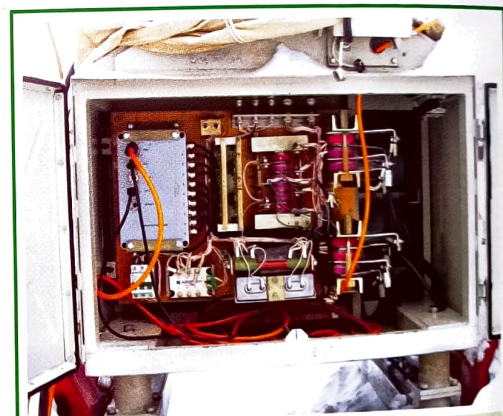


Рис. 3. Коммутатор-стабилизатор SGD-SP и УЗР источника "Енисей СЭМ-100".

Цифровые акселерометры **SGD-AD** (от 1 до 24), которые предназначены для измерения и регистрации сигнала ускорения (силы). Акселерометры устанавливаются на "пригрузах" индукторов электромагнитных источников (рис. 4).

Цифровые датчики тока **SGD-CD** (от 1 до 24), которые предназначены для измерения и регистрации величины тока через электромагнит. Датчики тока устанавливаются в цепи разряда между накопительным конденсатором и электромаг-



Рис. 4. Цифровой акселерометр SGD-AD.

нитом источника.

Запоминающее устройство **SGD-MFlash** (от 1 до 5), которые предназначены для перезаписи контрольных значений величин ускорения и тока из энергонезависимого ЗУ УСУ.

Все устройства, входящие в состав системы (кроме контроллера), предназначены для работы при температуре окружающей среды от -40 до +60°C.

Краткое описание работы системы SGD-SP с одним (ведущим) контроллером.

Один из УСУ SGD-SP назначается ведущим, остальные - ведомыми (до трех штук).

Оператор источника включает питание УСУ, затем тумблерами «1» - «6» включает источники, контролируя при этом состояние индикаторов «ОШИБКА/СИЛА» и «ОШИБКА/НАПР». Включенное состояние индикатора означает неисправность соответственно акселерометра или коммутатора-стабилизатора источника. При отсутствии неисправностей (все индикаторы «ОШИБКА» погашены) оператор источника включает заряд и стабилизацию напряжения на накопительных конденсаторах источников. В процессе заряда текущие значения напряжений на конденсаторах источников. Когда напряжения на конденсаторах достигают заданных значений, загораются светодиоды УСУ «ГОТОВ». Далее оператор источника передает тоновый сигнал готовности к работе и УСУ переходит в режим приема радиокоманды «FIRE».

Контроллер принимает из сейсмостанции ASCII-строку. По команде сейсмостанции «Firing Order» с контроллера передается сигнал подготовки с частотой 1250 Гц. После сигнала подготовки контроллер передает команду «FIRE». После передачи радиокоманды «FIRE» контроллер, через

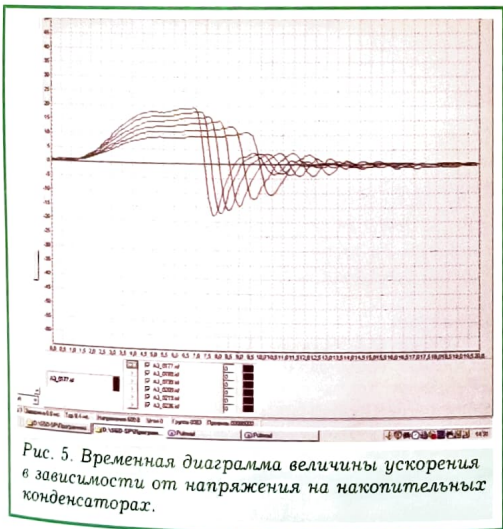


Рис. 5. Временная диаграмма величины ускорения в зависимости от напряжения на накопительных конденсаторах.



Рис. 6. Временная диаграмма величины ускорения и тока.

заданное оператором время задержки «Задержка от НО», выдает в сейсмостанцию сигнал начала регистрации сейсмограммы «Time Break».

Ведущий УСУ распознает переданную контроллером команду «FIRE», передает декодированной отметки момента «Dec TB», и запускает источник. Ведомые УСУ распознают переданную контроллером команду «FIRE», запускают свои источники.

Акселерометры и датчики тока, установленные на источниках, в течение 20 миллисекунд после удара регистрируют данные об ускорении и токе. УСУ считывают данные, зарегистрированные акселерометрами, и анализируют их с целью определения момента срабатывания источников. Эти данные сохраняются в энергонезависимой памяти УСУ. Момент срабатывания источника определяется по моменту достижения ускорением заранее заданного значения. Если на каком-либо источнике ускорение не достигло заданного значения в течение заданного времени, на УСУ загорается соответствующий светодиод «ОШИБКА/СИЛА».

Далее УСУ передают зафиксированные времена срабатывания источников в контроллер. Последовательность передачи времен срабатывания определяется параметром УСУ «Response order» (от 1 до 4) и номером источника. Каждому из 24-х источников отводится свое временное окно. Момент срабатывания передается путем изменения положения кодовой посылки «Coni TB» (отклика источника) внутри временного окна. Если источник не сработал, или время срабатывания превысило 8 мс, отклик источника не передается. На дисплее УСУ отображаются времена срабатывания подключенных источников.

Контроллер принимает и декодирует сигналы «Dec TB» и «Coni TB», затем формирует на выходах вспомогательных каналов «Coni TB» и «Ang-UpHole» импульсы длительностью 50 мс. Передний фронт первого импульса соответствует моменту запуска источников. Передние фронты последующих импульсов отстоят от начала соответствующего временного окна (рис.7) на десятикратное время срабатывания источника. Например, если первый источник второго УСУ имеет время срабатывания 1,5 мс, передний фронт соответствующего импульса будет находиться на расстоянии 1465 мс от момента запуска источников, т.е. от переднего фронта первого импульса. На дисплее контроллера также отображается информация о количестве ответивших источников и о среднем времени их срабатывания.

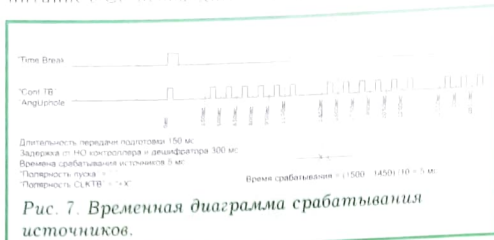
УСУ после выполнения удара снова заряжают накопительные конденсаторы источников, при этом УСУ показывают текущие значения напряжений и ждут очередной радиокоманды «FIRE». На дисплее синхронизаторов также отображается количество произведенных ударов.

По окончании серии накоплений оператор



«ЕНИСЕЙ» ОТ ОАО «ЕНИСЕЙГЕОФИЗИКА» ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

источника, нажатием кнопки "УСХ" ("СБРОС") включает заряд конденсаторов источника. Для разряда остаточного напряжения на конденсаторах источников оператор должен выполнить удар нажатием кнопки пульта "УДАР", после чего светодиоды "ГОТОВ" гаснут. На дисплее УСХ отображается информация о количестве произведенных в серии ударов и номер следующего пикета возбуждения. При переходе на следующий пикет питание УСХ необходимо выключить.



Следует иметь в виду, что в процессе выполнения серии накоплений кнопки "СБРОС" и "УДАР" блокируются после каждого удара на время, равное значению параметра УСХ "Max. Charg. Time", т.е. максимально допустимому времени заряда конденсаторов. Данная блокировка предотвращает преждевременный сброс источников и порчу сейсмограммы выполненным не вовремя ударом.

С июня 2005 г. НПК "СибГеофизПрибор" приступило к производству версии V8 контроллера **SGD-SP** и УСХ **SGD-SP**, с добавлением новых функций:

Новые особенности системы синхронизации и управления SGD-SP:

- возможность подключения GPS-приемника с протоколом NMEA 0183 к УСХ **SGD-SP** и автоматическое отображение положения пункта возбуждения средствами сеймостанции;
- увеличена скорость передачи данных по радиоканалу и объем контрольной информации на сеймостанцию и их отображение на графическом экране большого размера нового контроллера **SGD-SP** или компьютера типа NoteBook (оперативный контроль качества работы импульсных источников).

Нами были разработаны и предложены Заказчикам более современные и надежные варианты УЗР.

Первый УЗР "4 kW, 380 V" предназначен для замены существующих на источниках "Енисей" имеет следующие основные характеристики:

- Количество каналов заряда/разряда накопительных конденсаторов - два.
- Количество каналов для подключения акселерометров и датчиков тока - четыре.
- Ток заряда накопительной конденсаторных батарей от 4 до 6 А (генератор тока с системой мягкого пуска).



Рис. 8. Устройство заряда-разряда «4 kW, 380 V».

• Рабочее напряжение заряда конденсаторных батарей - 600, 650, 700, 750, 800, 850 и 900 В.

• Время заряда конденсаторной батареи емкостью 20000 мкФ до напряжения 900 В не более 6с.

• Ударный коммутируемый ток не более 35 кА.

• Питание от трехфазной сети переменного тока 50Гц с напряжением (380 ± 38) В.

• Диапазон рабочих температур от -40 до +40 С.

• Габаритные размеры не более 600x435x141 мм.

Производственные испытания УЗР "4 kW, 380 V" были проведены в августе-сентябре 2004 года в ОАО "Хантымансийскгеофизика".

Второй УЗР "1 kW, 24 V" предназначен для установки на источниках типа "Енисей СЭМ-20" при исследовании ВЧР с малоканальными сейсмическими станциями, где необходимо обеспечить минимальный уровень акустических и сейсмических помех, которые создают работающие двигатели транспортного средства и питающей электростанции. В течение полевого сезона 2004-05 г. этот УЗР успешно прошел производственные испытания в ОАО "Сибнефтегеофизика". УЗР "1 kW, 24 V" имеет следующие технические характеристики:

• Количество каналов заряда/разряда накопительных конденсаторов - один.

• Количество каналов для подключения акселерометров и датчиков тока - два.

• Ток заряда конденсаторных батарей не менее 1,25 А (генератор тока с системой мягкого пуска).

• Рабочее напряжение заряда конденсаторных батарей 600, 650, 700, 750 и 800 В.

• Время заряда конденсаторной батареи емкостью 6000 мкФ до напряжения 800 В 5с.

• Ударный коммутируемый ток не более 14 кА.

• Входное напряжение питания постоянного тока от 21 до 27 В.

• Максимальный потребляемый ток, при напряжении на нагрузке 800 В, не более 60 А.

• Диапазон рабочих температур от -40 до +40 С.

• Габаритные размеры УЗР не более 393x435x141 мм.

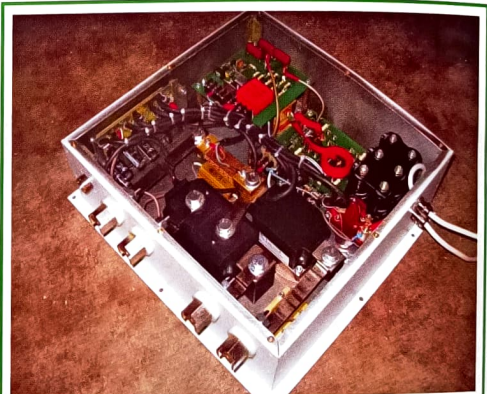


Рис. 9. Устройство заряда-разряда «1 kW, 24 V».

В настоящее время завершается разработка УЗР "2 kW, 24 V", который предназначен для установки на источниках типа "Енисей СЭМ-50", "Енисей ВЭМ-100" и "Енисей КЭМ".

Литература

1. Анкушев В.В., Гурьев С.В., Резвов В.И. Компания "ГЕОСЕЙС" представляет новый импульсный источник возбуждения "Геотон". Приборы и системы разведочной геофизики, № 01/2003 г., г. Саратов.
2. Смирнов В.П. Электромагнитные источники сейсмических колебаний ряда "Енисей СЭМ, КЭМ". Приборы и системы разведочной геофизики, № 01/2003 г., г. Саратов.