

УДК 621.3:658.58

## ЗАЩИЩЕННАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ АППАРАТУРЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ И АКУСТИЧЕСКИХ ГРУПП

<sup>1)</sup>Кунаков В.Г., <sup>2)</sup>Старовойт Ю.О.

<sup>1)</sup>*Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан*

<sup>2)</sup>*Организация Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, Вена, Австрия*

Установлены причины выхода из строя аппаратуры и оборудования сейсмической группы AS057-Боровое. Предложена организация защищенных систем питания оборудования сейсмических и акустических групп. Приведен пример системы питания, успешно используемой на станциях Международной системы сейсмического мониторинга в Казахстане.

В рамках Международной системы сейсмического мониторинга (MCM) происходит интенсивное развитие сети сейсмических и акустических групп (seismic and acoustic array), идея которых заключается в том, что полезный сигнал регистрируется не в одной точке, а группой станций на некоторой площади. При совместной обработке сигналов, зарегистрированных группой, возможности обнаружения сейсмического (и акустического) сигнала по отношению к единичной станции увеличиваются, поскольку отношение сигнал/шум возрастает в  $\sqrt{N}$  раз, где  $N$  число элементов группы. Поскольку физически группа представляет собой несколько элементов, расположенных друг от друга на расстоянии от нескольких сотен метров до нескольких километров, возникает необходимость надежного обеспечения аппаратуры каждого элемента группы электропитанием и каналами связи. Ниже, на примере станции, входящей в Международную систему мониторинга ОДВЗАИ AS057-Боровое (BVAR), показана реализация защищенного от ударов молнией питания группы. Сейсмическая группа AS057-Боровое, расположенная в Бурабайском Национальном парке (Акмолинская область, Казахстан), начала работать 15 июля 2002. Конфигурация системы (рисунок 1) включает 10 выносных пунктов (A0 – A4, B5 – B9), оборудованных скважинными сейсмометрами в комплекте с цифровой аппаратурой, системой оптоволоконной передачи информации и Центра сбора-передачи сейсмической информации (ЦСПИ/ROOF).

В первоначальном варианте электропитание выносных пунктов осуществлялось из ЦСПИ по подземным кабельным линиям. За основу была взята система питания сейсмических групп советской Службы специального контроля за ядерными испытаниями (рисунок 2). Такая система электропитания вполне успешно работает, например, на Большебазовой сейсмической группе «Боровое».

В схеме, приведенной на рисунке 2, низковольтное постоянное напряжение питания подается на выносные пункты по бронированному кабелю. Выход и вход кабельных линий защищены от перенапряжений специальными средствами. Параллельно кабелю питания проложен так называемый «вырав-

нивающий» трос, представляющий собой неизолированный стальной крученый провод сечением 35 мм<sup>2</sup> и более. Через каждые 100 м вбиты 2 - 3-х метровые заземлители (металлические штыри), приваренные к этому тросу. Трос и металлическая оболочка кабеля электрически соединены между собой с двух концов: на выходе из ЦСПИ и на входе в приборное сооружение. Там же они приварены к заземлению, выполненному в виде треугольника из трехметровых стальных штырей, вбитых в землю у ограды приборных сооружений.

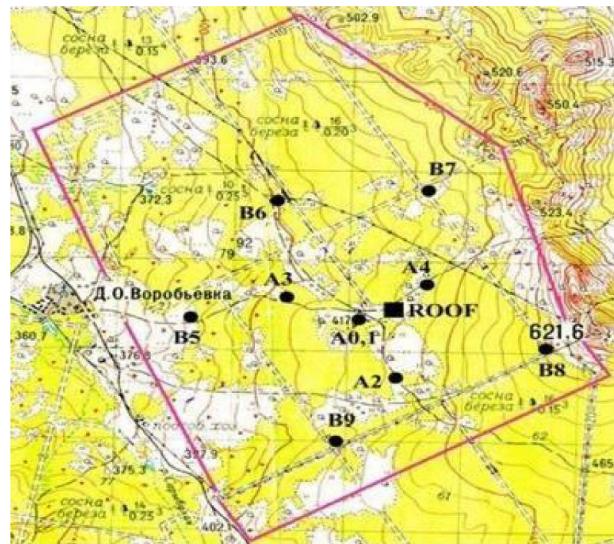
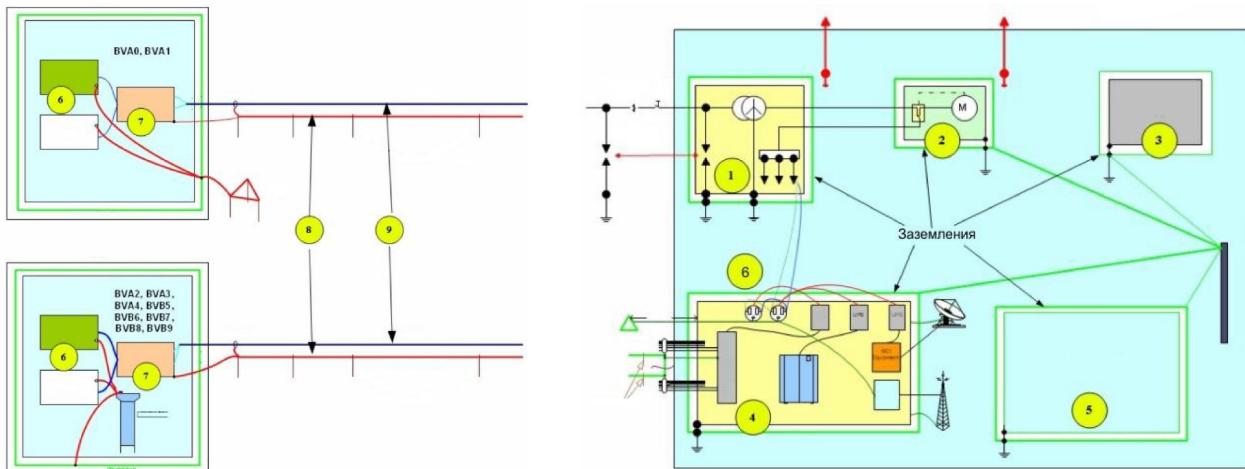


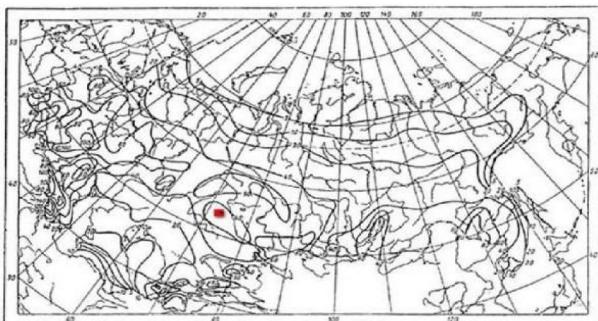
Рисунок 1. Конфигурация сейсмической группы AS057-Боровое (BVAR)

Проблемы, связанные с выходом из строя элементов и узлов сейсмической группы AS057-Боровое, начались уже через 26 дней после начала работы системы. 10 августа 2002 г. во время первой же грозы была «выбита» часть элементов сейсмической группы. Проблемы, связанные с грозами, продолжались вплоть до начала 2005 г., пока не была проведена полная модернизация системы электропитания. За время, прошедшее до замены системы питания, половина электронного оборудования, установленного на сейсмической группе, была отправлена на фирму – изготовитель для ремонта этой аппаратуры.



1 - трансформаторная подстанция; 2 - дизель-генератор; 3 - гараж; 4 - аппаратурное помещение; 5 - жилое здание; 6 - аппаратура выносного пункта; 7 - блок питания/модуль защиты 12В; 8 - выравнивающий трос с заземлителями; 9 - кабель питания 12В/сигнализация. Зеленый цвет - контуры заземления; красные стрелки - молниеотводы, черные стрелки - стандартная молниезащита высоковольтных линий

Рисунок 2. Первоначальный вариант схемы организации питания и заземления оборудования выносных пунктов (слева) и Центрального пункта (справа) сейсмической группы AS057-Боровое (BVAR)



Красная точка - место установки сейсмической группы AS057-Боровое

Рисунок 3. Карта грозовой активности территории бывшего СССР

Ситуация с грозовой активностью на месте установки сейсмической группы AS057-Боровое показана на рисунке 3 в виде карты среднегодовой продолжительности гроз в часах (такие карты составляются по результатам многолетних метеонаблюдений).

Средняя продолжительность гроз вблизи места установки AS057-Боровое находится в интервале от 60 до 80 ч в год. При такой активности, согласно «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» (МЭ России, 30.06.2003), плотность ударов молний в землю (число поражений 1 км<sup>2</sup> земной поверхности в год) Ng рассчитывается по формуле:

$$Ng = 6.7 * Td / 100,$$

где Td - средняя продолжительность гроз в часах.

Расчет на всю площадь, занимаемую сейсмической группой AS057-Боровое, показал, что на ее примерно 7 км<sup>2</sup>, могут воздействовать около 40 ударов молний в год. Соответственно, кабельные линии, работающие как антенны, получают столько же мощных импульсных воздействий. Не обязательно воздействуют пря-

мые удары. Шаговые напряжения, наводки, будучи достаточно мощными, способны вывести из строя оборудование, тем более, что в реализованной схеме (рисунок 2) устройства в ЦСПИ и на выносных пунктах связаны гальванически. Следовательно, удар молнии в один из элементов, сопровождается опасным перенапряжением в других элементах системы. В лучшем случае от перенапряжений сгорали плавкие предохранители модулей защиты. Однако было много серьезных выходов из строя электронного оборудования системы. За время, прошедшее до замены системы питания, половина электронного оборудования, установленного на сейсмической группе, была отправлена для ремонта на фирму – изготовитель.

Разработан способ защиты оборудования от поражающего воздействия разрядов молний, идея которого состоит в следующем:

1. Основные узлы системы – Центральный пункт сбора/передачи информации, кабель питания и оборудование выносного пункта связаны гальванически.

2. Каждый из узлов системы имеет свое заземление, выполненное в одной точке. Только при этих условиях удар молнии в любой из элементов не вызовет опасного напряжения в других узлах.

3. Выносной пункт дополнительно оснащен буферной аккумуляторной батареей, позволяющей системе не прерывать работу некоторое время, необходимое для восстановления поврежденных модулей.

Перечисленные требования могут быть реализованы так, как это показано на рисунках 4 и 5.

В схеме защиты системы электропитания (рисунок 4) реализованы следующие решения:

1. Для гальванической развязки применены трансформаторы специальной конструкции. Обмотки трансформатора расположены раздельно. Этим, кроме собственно гальванической развязки, обеспечивается и защита от межобмоточных пробоев и от

«конденсаторного» эффекта прохождения коротких импульсов между обмотками.

2. Оборудование каждого из узлов системы имеет собственное заземление. На выносных пунктах это приборная скважина. В центре — скважина водообеспечения.

3. Система газовых разрядников, полупроводниковых ограничителей напряжения и плавких предо-

хранителей защищает оборудование на обоих концах кабеля питания. Броня кабеля питания на обоих концах и модули защиты от перенапряжений имеют собственное заземление — стальные штыри, вбитые в землю.

4. Все выносные пункты оборудованы буферными аккумуляторными батареями.

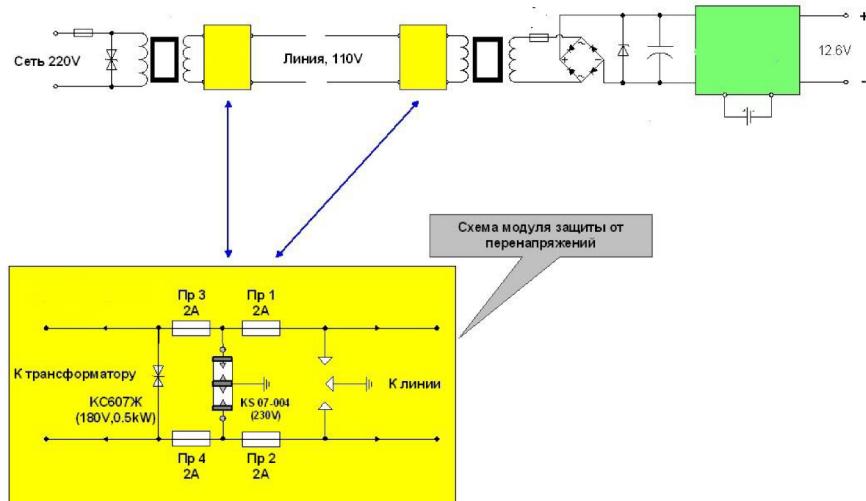
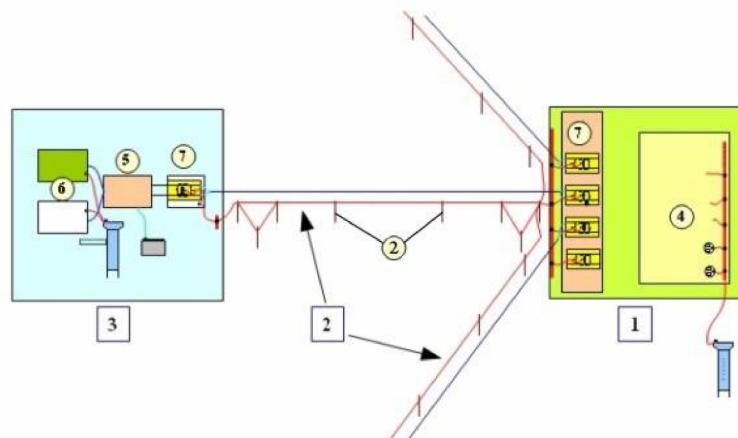


Рисунок 4. Схема защищенной системы питания



1 - центр сбора/передачи информации (CRF); 2 - кабельные линии: синий - питание/сигнализация, красные – выравнивающий трос с заземлителями; 3 - выносной пункт; 4 - аппаратура CRF; 5 - модуль питания/заряда выносного пункта; 7 - модули защиты от перенапряжений

Рисунок 5. Организация питания/заземления выносных пунктов

Реализация модуля защиты от перенапряжений (рисунок 5) создана с учетом следующих положений. При ударе молнии возможно возникновение высокого напряжения между жилой кабеля и землей, а также между жилами кабеля. Газовый разрядник снимает этот потенциал на землю. Полупроводниковый ограничитель напряжения защищает от опасных импульсов вход трансформатора. Если мощность импульса велика, то сгорают плавкие предохранители. Воздушный разрядник на входе/выходе кабеля защищает от остаточных напряжений, которые могут возникнуть на жилах кабеля при повторных ударах молнии, когда кабель работает как конденсатор.

Разработанная система электронного контроля состояния станции позволяет отслеживать напряжение ее питания. Если напряжение упало, то это означает отсутствие подзарядки аккумулятора. Следовательно, нужно заменить предохранитель (предохранители) модуля защиты от перенапряжений.

Для сейсмической группы AS057-Боровое был изготовлен комплект оборудования (фирмой Rausch GmbH, Австрия), реализующий разработанную методику, который и был установлен в период с 19 по 27 апреля 2005 г (рисунки 6 и 7).



Рисунок 6. Сейсмическая станция AS057-Боровое. Модуль питания выносного пункта

Начиная с апреля 2005 г. проблемы выхода из строя оборудования, вызванного молниями, прекратились полностью. При сильных грозах выбивались только элементы молниезащиты.

Подобные защищенные системы питания позднее установлены и на остальных казахстанских станциях, входящих в Международную систему мониторинга ОДВЗИИ: AS058-Курчатов (KURK), AS059-Актобинск (AKTO). Их работа также надежна, как на AS057 –Боровое – не было ни одного выхода из строя оборудования, связанного с воздействием молний. Планируется установить подобные системы на сейсмических группах PS33-Пеледуй и PS36-Петропавловск-Камчатский (Россия), AS40-Чибинонг



Рисунок 7. Сейсмическая станция AS057-Боровое. Модуль питания, установленный в Центре сбора/передачи информации и AS44-Каппанг (Индонезия), а также на инфразвуковой группе IS31-Актюбинск (Казахстан).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена схема защищенного бесперебойного питания пунктов сейсмических и акустических групп. Эффективность разработки подтверждена практикой работ нескольких казахстанских станций, входящих в состав Международной системы мониторинга. Такие меры, как гальваническая развязка узлов системы, индивидуальное заземление каждого из них, заземление аппаратуры выносных пунктов в одной точке надежно гарантируют защиту оборудования и узлов от перенапряжений.

### СЕЙСМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ АКУСТИКАЛЫҚ ТОПТАРДЫҢ АППАРАТУРАСЫН ҚОРЕКТЕНДІРУІНІҢ ҚОРҒАЛҒАН ЖҮЙЕСІ

<sup>1)</sup>Кунаков В.Г., <sup>2)</sup>Старовойт Ю.О.

<sup>1)</sup>КР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

<sup>2)</sup>Ядролық сынақтарына бәрін сыйдыратын тыымын салу туралы шартының Үйимы, Вена, Австрия

AS057-Бурабай сейсмикалық тобының аппаратурасы мен жабдықтары жұмыс катарынан шығу себептері анықталған. Сейсмикалық және акустикалық топтардың коректендіруінің қорғалған жүйесін үйимдастыруы ұсынылған. Қазақстанда Халықаралық сейсмикалық монитрингі жүйесінің станцияларында табысты қолданылатын коректендіру жүйесінің үлгісі көлтірілген.

### PROTECTED POWER SYSTEM OF THE EQUIPMENT AT SEISMIC AND ACOUSTIC ARRAYS

<sup>1)</sup>V.G. Kunakov, <sup>2)</sup>Yu.O. Starovoit

<sup>1)</sup>Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

<sup>2)</sup>Comprehensive Nuclear Test-Ban-Treaty Organization, Vienna, Austria

Reasons for equipment and instruments failures at AS057-Borovoye have been found. Protected power system for the equipment at seismic and acoustic arrays has been proposed. An example of power system successfully operating at the International Monitoring System stations in Kazakhstan was shown.