

УДК 681.514.54

Канд. техн. наук. В.В. Лопатин
(ИГТМ НАН Украины)

ПРОБЛЕМЫ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ.

Стаття присвячена практичним аспектам боротьби з перешкодами низькопотенціальним електричним вимірам у гірничих виробітках. Показані методи, технічні заходи та дані рекомендації, на основі десятирічного досвіду на двадцяти шахтах України і Росії.

THE PROBLEM TRANSFERENCER INTERFACING LOW VOLTAGE MEASURING OF MINE EXCAVATIONS.

The work is devoted to the practical problem transferencer interfacing low voltage measuring of mine excavations and technical actions on the base of 10-years experience on 20 the mines of Ukraine and Russia.

К настоящему времени вопросам помехоустойчивости средств электрических измерений посвящена обширная и разнообразная литература. Однако, в ней не отражены специфические особенности и условия измерения низкочастотных (от 1 милливольта до 10 вольт) измерительных систем и комплексов в горных выработках.

Современные измерительные системы способны решать возлагаемые на нее задачи по обеспечению необходимой достоверности и точности лишь при использовании целого комплекса мероприятий, направленных на повышение ее помехоустойчивости. К этим мероприятиям относятся: организационные, структурные и технические.

Данная статья посвящена практическим аспектам и техническим мероприятиям. При этом значительное внимание уделяется реальным методам помехоустойчивости, которые, в силу простоты технической реализации и эффективности, широко используются в течение более десяти лет в ИГТМ НАН Украины в натуральных шахтных и лабораторных измерениях.

В современной мировой практике электрические помехи классифицируются по *типу связи взаимодействующих цепей* [1]: емкостные (электрические поля); индуктивные (магнитные поля); резистивные (омические напряжения в общих проводах), по *месту возникновения* [2]: локальные помехи в цепи прохождения сигнала (обусловленные, например, паразитными термопарами, омическими контактами переключателей и разъемов); помехи возникающие внутри какой-либо подсистемы (например, в общем проводе); помехи, обусловленные внешними источниками (например, помехи от электрических и магнитных полей, а также радиочастотные помехи).

Основными внешними источниками помех измерительным системам в гор-

ных выработках являются мощные вентиляторные, водоотливные, компрессорные и подъемные стационарные установки, подвижный состав, линии электропередачи и контактная сеть. Они включают в себя помехи внутреннего происхождения (искрение коллекторов электродвигателей, контакторов и других устройств) и нарушение токосъема (контакта между токоприемником и проводом). Например, рудничный электровоз, как свидетельствуют опытные данные [3], способен навести в кабеле связи на несимметричных парах помеху в несколько вольт.

В результате проведенных в Кривбассе исследований [3] установлено:

- напряжение наведенной помехи при изменении нагрузки электровоза от 50 до 200 ампер увеличивается более чем в три раза;

- существенно изменяется наведенная помеха от режима работы тиристорного преобразователя электровоза (максимальное напряжение помехи при углах регулирования 60-90 градусов);

- еще более значительно изменяется напряжение помехи от расстояния между электровозом и подстанцией;

- напряжения помех в различных жилах кабеля также не одинаковы и эти различия достигают пятикратного значения;

- при работе в типовых эксплуатационных условиях Кривбасса около десяти электровозов работающих одновременно, электрические помехи возрастают еще в 4-5 раз.

Аналогичные помехи создают все вышеперечисленные стационарные шахтные установки, причем они, тоже существенно зависят от нагрузок, скорости движения, состояния оборудования и даже погодных условий. Это определяет широчайший диапазон их изменения и разнообразия.

Наш многолетний практический опыт показал, что магнитные поля в горных выработках не оказывали на измерительную систему существенного влияния.

Электрические поля, возникающие вокруг силовых линий (50 Гц), которыми буквально опутан ствол, – наиболее распространенный источник помех в горных выработках. Как известно из теории электрических полей, отсутствие таких помех возможно только при нулевой взаимной емкости проводников (экранировании). Таким образом, основная цель экранирования – устранение возможной взаимной емкости между любыми двумя проводниками. Однако даже человек-измеритель, находящийся в горной выработке, влияет на эти поля, так как выработка (помещение) является, по сути, конденсатором большой емкости. Человеческое тело становится источником наведенного переменного потенциала, а не нулевой "точкой" отсчета потенциала. Следует иметь в виду, что между измерительной схемой и сетевыми проводами существует емкостная связь, которая не исчезает даже при отключении схемы от сети, так как для существования электрического поля не обязательно наличие тока.

Исходя из изложенного, самое пристальное внимание необходимо уделять экранированию и полностью исключить применение неэкранированного кабеля. Понятно, что экранирование устраняет только те помехи, которые образованы электрическим полем. Из теории электрических полей также известно, что

экран никогда не должен быть "плавающим", и что его эффективность существенно зависит от импеданса, причем наибольший эффект получается при непосредственном подключении к источнику помехи. Это условие очень сложно выполнить, например, в системе экспресс-диагностики динамического состояния системы "подъемный сосуд - жесткая армировка", где по технологии измерения используются многочисленные кабели длиной до 30 метров каждый, временно прокладываемые по различным конструкциям шахтного подъемного комплекса. Кроме того, эти длинные кабели необходимо заключать в надежную изоляционную оболочку для предотвращения заземления в какой-либо другой точке, кроме необходимой. Только эта мера позволяет избежать образования паразитных контуров заземления при натурной работе. Поэтому одним из важнейших параметров надежной измерительной системы является величина сопротивления изоляции кабеля, которое необходимо постоянно держать на контроле для исключения сосредоточенных утечек тока, приводящих к значительным помехам. Понятно, что изоляционная оболочка кабеля подвергается значительным знакопеременным механическим воздействиям при монтаже, демонстрации аппаратуры и в процессе измерения.

Однако главными специфическими помеховыми факторами горных выработок являются: высокоминерализованные агрессивные шахтные воды и пары, влажная рудничная атмосфера в совокупности с токопроводящей пылью, накапливающейся на поверхности оболочки кабеля, соединительных разъемах и аппаратуре, изменение атмосферного давления и температуры. Например, шахты Кривбасса в большинстве случаев сильно обводнены, приток воды достигает до 600 м³/час. Общая жесткость воды колеблется от 6,4 до 340 мг/литр содержанием различных примесей [4]. Воды очень агрессивные, что обусловлено воздействием гидролизующих солей и кислот, растворенных в шахтных водах. Наиболее агрессивны хлористый натрий, магний и калий. Эти соединения не стойкие к воде и распадаются на ионы натрия, калия, магния и хлора, которые, особенно хлор, являются активаторами процесса коррозии. Активный агент коррозии – углекислота, ее содержание в шахте до 46 мг/литр. В результате окисления колчедана, присутствующего в руде, образуется серная кислота. Причем с увеличением глубины шахтные воды Кривбасса увеличивают и кислотность. Шахтный воздух также является агрессивным к металлам и материалам, характеризуется высокой влажностью от 90 до 100 % и запыленностью до 100 мг/м³. Как известно, давление воздуха в шахте больше атмосферного давления на поверхности земли на вес столба воздуха в стволе шахты и для представительных шахт Кривбасса глубиной 1000 и 1500 метров составляет 110 и 116 кПа соответственно. Увеличение атмосферного давления на 12-18 % на горизонтах 1000-1500 метров означает, что измерительная аппаратура, установленная на подъемном сосуде, будет в процессе работы не только осаждаваться на свою поверхность, но и втягивать во внутрь агрессивные шахтную воду, пары, влажность и воздух. Этому способствует не только естественный перепад температур в шахте и на поверхности, но и вентиляционная струя, скорость которой достигает 3-6 м/с. Указанные причины заставили авторов применять при

изготовлении аппаратуры, особенно кабелей, конверсионные материалы, технологию и технические требования, используемые в военной промышленности.

Опыт практических измерений на двадцати шахтах Украины и России убедил авторов, что теоретическое решение проблемы заземления измерительной системы получить чрезвычайно трудно. Модели образования помех либо очень сложны для реального использования, либо не учитывают особенности конкретного измерения. Поэтому обычно прибегают к опыту и используют данные по испытанию систем. Очень хорошо зарекомендовавшая себя на практике методика заключается в том, что экспериментально найденная «надежная» точка заземления проверяется следующим образом. Параллельно заземляющей цепи временно подключают второй проводник и наблюдают результаты измерения. Любые изменения помехоустойчивости системы измерения при подключении и отключении этого проводника будут свидетельствовать о плохо выбранной точке заземления. Указанную проверку необходимо проводить очень тщательно, чтобы не возникли ошибочные выводы из-за погрешностей паразитных контуров заземления.

Распространенной ошибкой является стремление заземлить экран в каждой удобной точке, интуитивно полагая, что это улучшает его эффективность, не прибегая к проверке по вышеизложенной методике. При натурных работах в шахте эти действия приводят к возникновению реальных паразитных контуров со всеми вытекающими последствиями.

Многолетняя практика измерений в разнообразных лабораторных и шахтных условиях подсказывает, что различия в помехоустойчивости измерительной системы при исправности самой системы, как правило, указывают на наличие паразитного контура заземления. Подключение и отключение датчиков также не должно оказывать никакого влияния на помехозащищенность измерительной системы, и это является одним из существенных критериев ее надежности. Часто неправильное или прерывающееся заземление можно обнаружить при механических воздействиях, простукиванием по соединительным разъемам и изгибами, естественно соблюдая при этом необходимую осторожность, чтобы не повредить кабель. Применяя хороший осциллограф, можно обнаружить помехи в структуре заземления измерительной системы. Однако наиболее чаще поиск многократных заземлений при натурных измерениях проводится надежным мультиметром (тестером).

Таким образом, нами установлено:

1. Если датчик реально заземлен (имеет на корпусе датчика «точку» отсчета потенциала), то кабель измерительной системы следует соединять с общим проводом в той же точке. Такое соединение устраняет взаимную емкость, которая возникла бы между этой точкой и экраном, что привело бы к появлению обратной связи и наводках помехового напряжения.

2. Если датчик выполнен «плавающим», уровень сигнала отсчитывается от некоторой внешней точки «нулевого» потенциала, экран принимает потенциал этой внешней точки и устраняет взаимную емкость.

3. Наводки помехового напряжения при замене кабеля с пленочным экраном

на кабель с луженым проволочным экраном уменьшаются не менее чем на 25%, а посеребренный - почти на 40 %.

4. Для обеспечения всех вышеперечисленных требований при изготовлении кабелей необходимо использовать многожильный провод диаметром 0,35-0,5 мм.

5. Радиальное подключение ("звездой") датчиков и схем вместо параллельного устраняет суммирование возвратных токов в общем проводе. Однако потенциал общей точки каждой схемы зависит от ее тока и расстояния до источника питания. Поэтому при борьбе с помехами связанными с падением напряжения в общем проводе, нужно знать возвратный ток и характеристику общего провода.

6. При питании цифровых и аналоговых схем от одного источника питания у каждой из этих 2-х схем должен быть свой общий провод, и они должны соединяться только в одной общей точке.

7. Прокладка кабеля по армировке ствола, рядом с магистральными воздухопроводами и водопроводами уменьшает помеху до 20 % по сравнению с кабелем, проложенным вдали от них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Webster, J.G. 1977. Interference and motion artifact in biopotentials. IEEE 1977 Region 6 Conference Record, 53-64.
2. Sheingold, D.H. 1980 Transducer interfacing handbook. Norwood, MA: Analog Devices.
3. Шулин Н.И., Гузов Э.С. Синчук О.Н. Экспериментальное исследование мешающего влияния рудничных тиристорных электровозов на каналы связи//Горная электромеханика и автоматика: Республ. межвед. темат. научно - тех. сб./ «Вища школа»: - Харьков,1975.-№ 27.-С.152-154
4. Аламаха Н.Л. Влияние шахтной среды на отключающую способность выключателей при напряжении 6кВ//Горная электромеханика и автоматика: Республ. межвед. темат. научно - тех. сб./ «Вища школа»: - Харьков,1976.-№30.-С.46 - 49.