

УДК 539.216

РОЛЬ ИМПУЛЬСНЫХ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА

Е.Ю. ЗАЯЦ, В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 23 октября 2015

Приведены результаты мониторинга Осиповичского подземного хранилища газа с помощью импульсного метода электроразведки. Предложены пути повышения качества мониторинга и контроля подземных хранилищ газа с помощью введения геофизических методов, включающих автоматическую обработку и интерпретацию данных.

Ключевые слова: подземные хранилища газа, мониторинг и контроль, импульсный метод.

Введение

В современных условиях роль подземных хранилищ газа (ПХГ) резко возросла. Это связано с необходимостью сглаживания пиковых нагрузок в потреблении и поставках природного газа. Также ПХГ обеспечивают хранение стратегических важных резервов природного газа и компенсируют перебои в поставках газа при авариях.

На данный момент на территории Беларуси функционируют 3 ПХГ: Прибугское, Осиповичское, Мозырское. В данной работе будет рассмотрен мониторинг и контроль на примере Осиповичского ПХГ (запущено в эксплуатацию в 1976 г.) – относится к типу газохранилищ, созданных в водоносном пласте (рис. 1) [1]. Территория Осиповичского ПХГ находится недалеко от районного центра Осиповичи на глубине около 500 метров. Объем активно закачиваемого газа составляет 360 млн. куб. м. Схема типичного хранилища газа, созданного в водоносном пласте, представлена на рис. 1.

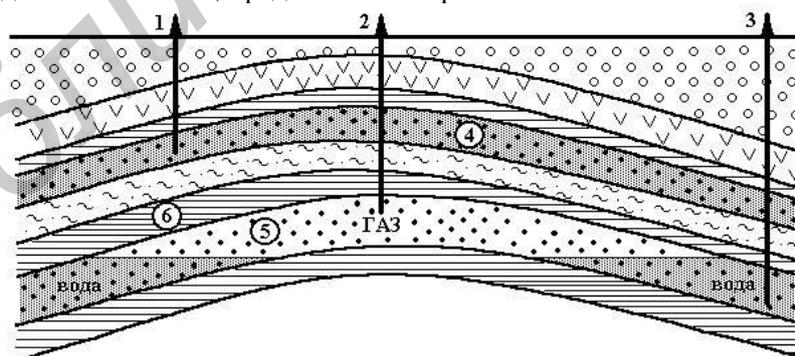


Рис. 1. Схема типичного хранилища газа, созданного в водоносном пласте

Газ поступает в пласт-коллектор (5) по эксплуатационным скважинам (2). Газ, нагнетаемый в пласт-коллектор, оттесняет воду из породы и скапливается в сводовой части структуры под непроницаемой крышкой (6). Контроль за возможным продвижением газа вверх по разрезу осуществляется с помощью контрольных (1) и наблюдательных (3) скважин, вскрывающих основной пласт-коллектор (5) и контрольные (4) водоносные пласты.

В связи с тем, что рассматриваемое ПХГ создано в водоносном горизонте, на него накладываются следующие требования:

- структурная ловушка должна быть герметична;
- иметь четкие границы и непроницаемую крышку;
- с точки зрения экономической и рациональной стороны глубина залегания пласта должна быть меньше 1000 метров и не менее 300 метров.

Эти требования и технологические показатели (устойчивость и герметичность), предъявляемые к охране окружающей среды, должны строго и четко выполняться. Утечка части хранимого газа имеет не только экономические потери, но и является одним из самых вредных воздействий на окружающую среду. В ряде научно-производственной и справочной литературы показано, что основные проблемы ПХГ связаны с обеспечением безопасности эксплуатации. Выявлено, что мониторинг окружающей среды среди факторов занимает лидирующее положение [2].

Особенности мониторинга процессов и окружающей среды ПХГ с помощью импульсного метода электроразведки

Геофизические методы широко используются на всех стадиях существования ПХГ – это экономически выгодно и результативно. Применение данных методов наряду с геохимией позволяет осуществить контроль за возможным газопроявлением в горизонтах, залегающих выше эксплуатационного пласта, а также за герметичностью ПХГ и скважин.

При импульсном методе мониторинга и контроля ПХГ становится возможным не только оконтуривание углеводородов, но и определение глубины залегания. Безусловным преимуществом применения импульсных методов при мониторинге (по сравнению с существующими) является повышение точности и разрешающей способности определения границ залежи за счет получения отраженного видеоимпульсного сигнала от залежи.

Структурная схема (рис. 2) для реализации мониторинга и контроля ПХГ включает в себя четыре функционально обобщенных блока: блок управления и обработки, передатчик, приемник и блок питания [3].

Блок управления и обработки выполнен на базе микроконтроллера AVR фирмы «Atmel». На микроконтроллер возложены следующие задачи:

- формирование импульсов запуска передатчика;
- формирование импульса синхронизации для приемной части;
- установка времени задержки опорного импульса относительно импульса запуска передатчика для определения глубины;
- оценка уровня сигнала с выхода детектора с помощью внутреннего АЦП (аналого-цифровой преобразователь);
- подсчет импульсов, отраженных от объекта на определенной глубине;
- вывод информации на LCD-дисплей.

Тактирование микроконтроллера осуществляется с помощью внешнего тактового генератора.

Импульс запуска передатчика и импульс синхронизации формируются с помощью 16-битного таймера микроконтроллера timer1, работающего в режиме широтно-импульсной модуляции, что позволяет получить калиброванную частоту и длительность импульса. Импульс запуска отправляется на вход согласующего устройства – передатчика, которое необходимо для согласования входного импеданса ключа с выходным импедансом микроконтроллера и открывает ключ, в результате чего на выходе трансформатора формируется мощный видеоимпульс прямоугольной формы. Благодаря тому, что антенна имеет ширину полосы пропускания в два раза меньше ширины спектра импульса на выходе передатчика, видеоимпульс преобразуется в радиоимпульс и излучается в исследуемую среду.

Для ограничения мощности спектральной плотности шумов, что присутствуют на входе приемника совместно с полезным сигналом, принятый отраженный сигнал проходит через фильтр низких частот. С целью увеличения отношения сигнал-шум на входе детектора и компенсации величины затухания отраженного импульса предусмотрен усилитель радиочастоты (4 УРЧ = 80 дБ). С выхода УРЧ сигнал поступает на информационный вход детектора. При наличии на опорном входе детектора импульса синхронизации проводится

операция детектирования видеоимпульса, при отсутствии импульса синхронизации операция детектирования запрещена.

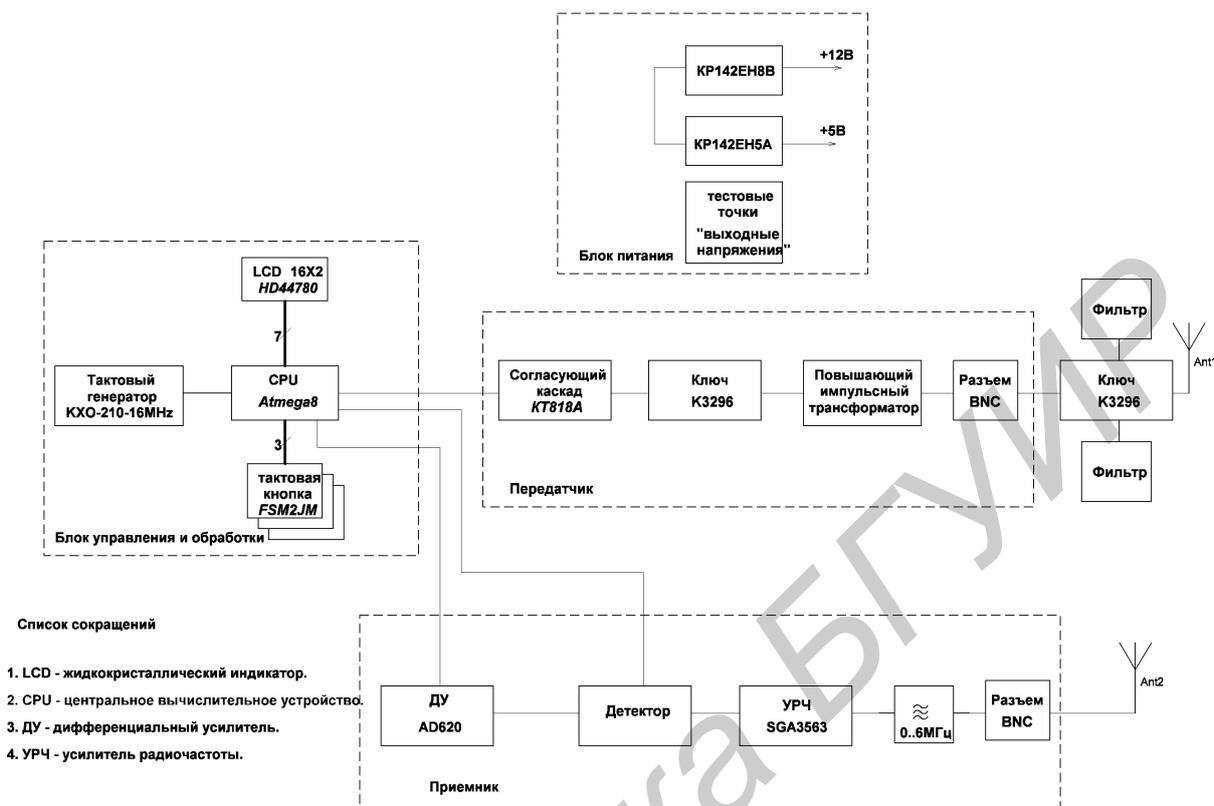


Рис. 2. Структурная схема для мониторинга и контроля ПХГ

Сигнал с выхода детектора подвергается усилению с помощью инструментального усилителя с целью увеличения уровня видеоимпульса до значения, достаточного для работы с АЦП микроконтроллера. Если уровень сигнала на входе АЦП превышает заданное пороговое значение, происходит инкрементация счетчика микроконтроллера, в противном случае счетчик хранит предыдущее значение. По истечении времени накопления результат счета, что соответствует количеству принятых импульсов на заданной дальности, выводится на дисплей, а сам счетчик обнуляется.

Импульс синхронизации формируется с некоторой задержкой после формирования импульса запуска. Значение задержки определяет глубину зондирования и может варьироваться оператором с помощью тактовых кнопок, которые подключены к микроконтроллеру. На LCD-дисплее отображаются величина глубины и количество накопленных импульсов на данной глубине.

Интерфейс ввода определяется тремя тактовыми кнопками. Одна из кнопок зарезервирована для выбора режима работы: зондирования или настройки. Настройка, в свою очередь, состоит из трех шагов: настройка частоты следования зондирующих импульсов, настройка длительности зондирующих импульсов и настройка глубины зондирования. Подстройка вышеуказанных параметров осуществляется двумя другими кнопками, одна из которых инкрементирует настраиваемое значение, вторая декрементирует. В режиме зондирования с помощью данных кнопок осуществляется подстройка глубины зондирования. Настраиваемые параметры в режиме «настройка» отображаются на LCD-дисплее.

Блок питания является вторичным источником напряжений. С помощью него формируется напряжение для питания цифровой части +5 В и напряжение для питания аналоговой части +12 В. Опорное напряжение для АЦП формируется с помощью внутреннего генератора опорного напряжения микроконтроллера.

При проведении работ на Осиповичском ПХГ на частотах 0,9 и 6 МГц данным методом, были получены следующие результаты (рис. 3) [3].

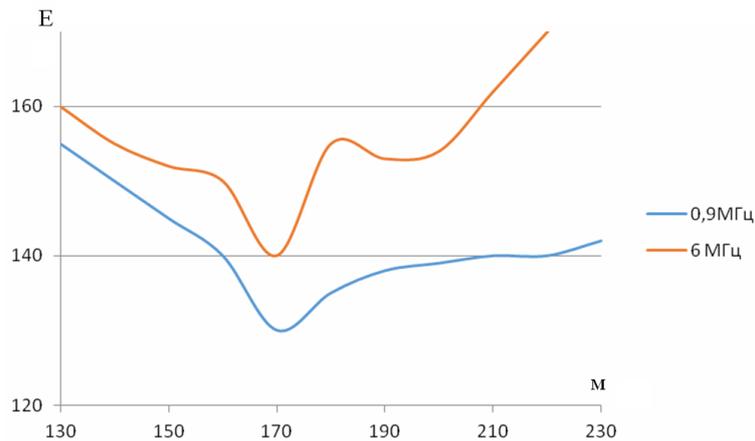


Рис. 3. Результаты практического использования импульсного метода мониторинга и контроля ЦХГ

Как видно из рис. 3, на границе залежи (контрольная точка – 170) возрастает величина напряженности поля отраженного видеоимпульсного сигнала на глубине порядка 130 м на частоте 6 МГц, на глубине 140 м на частоте 0,9 МГц и на глубине 178 м над залежью в контрольной точке 230, что позволяет выделять границы УВЗ с дополнительным измерением глубины залегания.

Обработка и интерпретация результатов мониторинга и контроля

Сущность обработки и интерпретации данных состоит в выделении полезного сигнала на фоне помех и шумов для дальнейшего анализа. Обработка данных, полученных при зондировании импульсным методом, основана на трансформации амплитуды, частотного состава с целью получения параметров зондируемой среды. Для выделения полезного сигнала используется отличие их характеристик от соответствующих характеристик шума и волн помех.

Алгоритм анализа полученных данных будет зависеть от поставленных целей и задач, в соответствии с чем будет разработано программное обеспечение экспертной системы для конкретных применений, обеспечения автоматического анализа и интерпретации геофизических данных.

Современные тенденции в развитии науки и техники направлены на уменьшение времени обработки информации и повышение точности. Так, повсеместное использование приемников системы глобального позиционирования (GPS) позволит проводить геофизические измерения с максимальной вертикальной и горизонтальной точностью (в несколько сантиметров или меньше).

Заключение

Разработка новых способов и подходов мониторинга, а также контроля подземных хранилищ газа, позволит повысить энергетическую безопасность страны и регионов. Наряду с гидрохимическими, промысловыми и аналитическими методами импульсные методы электроразведки направлены на мониторинг изменения напряженности состояния пород, герметичность покрышек, контроль газонасыщенности и состава газа.

Важную роль при мониторинге подземных хранилищ газа занимает комплексирование методов, основанных на объединении полученной импульсным методом информации и анализе данных совместно с другой геопространственной информацией, которую невозможно получить, анализируя результаты каждого метода в отдельности.

PULSE METHODS ROLE OF ELECTRIC PROSPECTING DURING MONITORING AND CONTROL OF UNDERGROUND GAZ STORAGE

E.Yu. ZAYATS, V.F. YANUSHKEVICH

Abstract

The results of monitoring Osipovichi's underground gas storage using electrical pulse method are given. The ways to improving the quality of monitoring and control of underground gas storage facilities by the introduction of geophysical methods, including automatic processing and interpretation data are proposed.

Список литературы

1. *Самохин А.В.* Эколого-геофизические исследования техногенного воздействия Калужского подземного хранилища газа на компоненты окружающей среды. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Москва, 2009.
2. *Нордин В.В., Белкина Н.В.* // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 2 (28). С. 28–31.
3. *Янушкевич В.Ф., Заяц Е.Ю., Кременя К.И.* Способ геоэлектроразведки углеводородной залежи / Заявка на патент РБ № а20150204.

Библиотека БГУИР