

Г. А. КАЛИНОВ, А. В. ЛЫСАКОВ, В. И. РИМЛЯНД

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассмотрена конструкция автономного измерительного комплекса для сбора гидрологической информации в наблюдательных скважинах системы мониторинга уровня подземных вод. Комплекс состоит из блока сбора информации, высокоточного скважинного уровнемера, глубоководного измерительного зонда.

Ключевые слова: автоматизированный комплекс, мониторинг, уровнемер, ультразвук, микропроцессор, синхронизация, измерение, зонд, наблюдательная скважина.

Долговременные исследования подземных вод показали, что изменения их уровня коррелируют с сейсмическими проявлениями различного масштаба [1]. С 1986 г. в сейсмоопасных зонах Закавказья, Краснодарского края и Дальнего Востока по инициативе НИИ гидрогеологии и инженерной геологии создана сеть из 170 наблюдательных скважин. Для развития системы мониторинга гидрогеодеформационного поля Земли требуются автономные измерительные станции сбора гидрологической информации. Станция представляет собой комплекс для измерения уровня, температуры и электропроводности воды (характеризует степень минерализации воды), атмосферного давления и температуры воздуха.

Необходима высокая точность и надежность работы устройств системы [2]. Авторами настоящей статьи разработаны два типа измерительных станций „Кедр“. Результаты измерений станции „Кедр-А2“ хранятся в переносном модуле энергонезависимой памяти; передача информации выполняется посредством смены накопителя данных. Станция „Кедр-ДМ“ имеет телеметрический канал на основе сотовой или спутниковой связи.

Высокоточный скважинный уровнемер. Отдельным измерительным прибором является датчик измерения уровня воды в скважине. Ранее авторами был разработан метод определения уровня жидкости путем измерения времени распространения ультразвукового импульса (УЗИ) в вертикальном звукопроводе, изготовленном в виде тонкого металлического стержня. УЗИ формируется непосредственно на границе раздела жидкость—воздух [3].

На основе данного метода был разработан уровнемер, позволяющий измерять уровень жидкости в резервуарах. Значительно улучшить метрологические характеристики, повысить надежность, уменьшить габариты скважинного уровнемера удалось за счет изменения конструкции [4].

Скважинный уровнемер (рис. 1) состоит из корпуса 1 (защитная труба); вертикального стержня-звукопровода 2, натянутого в центре трубы; поплавка-излучателя УЗИ 3, коаксиально охватывающего стержень и свободно перемещающегося вдоль него; блока питания, синхронизации и приема УЗИ 4, закрепленного на верхнем конце стержня; эталонного излучателя УЗИ 5, закрепленного на нижнем конце стержня. Уровнемер опускается на специальном тросе 6 в скважину 7, связь с наземными блоками осуществляется по кабелю 8. Возбуждение УЗИ происходит пьезокерамическим кольцом, коаксиально охватывающим звукопровод, на который в момент запуска „счетчика времени“ электронная схема, расположенная в поплавке, подает электрический импульс. Для подачи питания и обеспечения синхронизации процесса излучения УЗИ разработана специальная система на основе

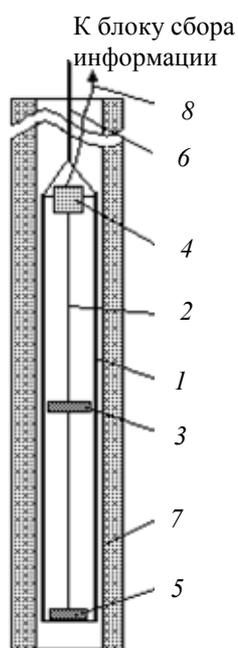


Рис. 1

ма, расположенная в поплавке, подает электрический импульс. Для подачи питания и обеспечения синхронизации процесса излучения УЗИ разработана специальная система на основе

индукционного метода. В качестве первичного витка трансформатора используются звукопровод и защитная труба. Вторичная обмотка трансформатора расположена внутри корпуса поплавка. Индуцированный сигнал разделяется во времени на сигнал питания — „накачки“ накопительного конденсатора и импульс синхронизации (СИ).

На рис. 2, а представлена функциональная схема питания и синхронизации ультразвукового излучателя. Блоки 1—3 расположены на неподвижном основании, 4—11 внутри поплавка. Микропроцессор 1 формирует необходимые для работы сигналы. На вход смесителя 2 поступают сигналы частоты „накачки“ и синхронизации. Выход смесителя 2 подключен к понижающему трансформатору 3. Вторичная обмотка трансформатора питания 4 и конденсатор $C_{рез}$ образуют резонансный контур, что позволяет получить высокое напряжение на выходе детектора напряжения 6. „Накачка“ накопительных конденсаторов блока 6 производится в течение 20 мс частотой 100 кГц.

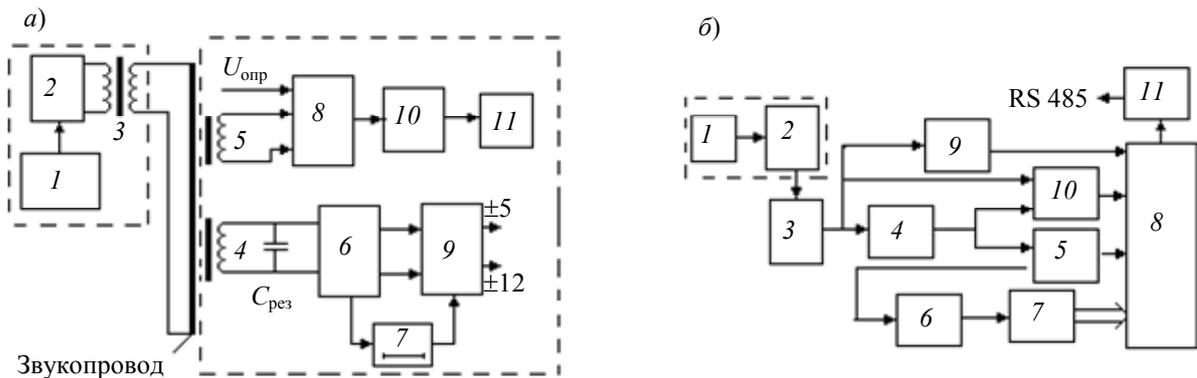


Рис. 2

Микропроцессор вырабатывает СИ через определенное время после окончания видеопульса частоты „накачки“ (рис. 3). После прекращения сигнала „накачки“ через время T_3 , схема 7 (рис. 2, а) вырабатывает строб-импульс ($T_c = 0,1$ мс), во время действия которого блок 9 обеспечивает питание сдвоенного 8 фазового обнаружителя синхроимпульса и блока 10, формирующего электрический импульс для возбуждения пьезокерамики 11.

Фазовый обнаружитель 8 регистрирует первый переход напряжения СИ через нулевой уровень, при этом момент начала формирования акустического импульса не зависит от амплитуды СИ и параметров первичного витка. Конструкция и работа фазового обнаружителя подробно описаны в работе [5]. Электронная схема акустического излучателя (включая трансформаторы питания и синхронизации) размещается на печатной плате диаметром 31 мм, весом 7,5 г.

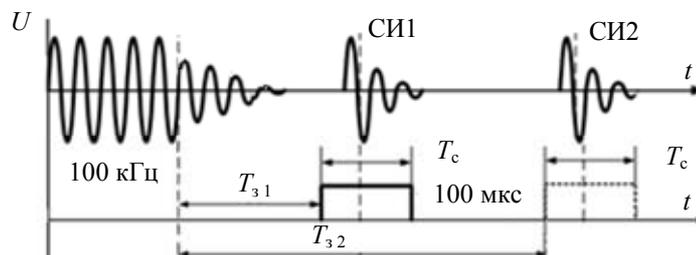


Рис. 3

На рис. 2, б представлена функциональная схема блока приема и измерения времени прихода УЗИ. Основными факторами, влияющими на качество работы уровнемера, являются точность регистрации момента прихода УЗИ и измерения времени его распространения ($T_{узи}$). При перемещении акустического излучателя (поплавка) вдоль волновода амплитуда и форма переднего фронта акустического сигнала существенно изменяются [6]. В уровнемере „Кедр“ реализован фазовый способ регистрации УЗИ, аналогичный способу регистрации СИ поплавком-излучателем [5]. Началом отсчета для времени распространения УЗИ от излучателя

до приемника является СИ, запускающий генератор УЗИ в поплавке. Сформированный излучателем УЗИ распространяется по стержню волновода, поступает на пьезоприемник 1 (рис. 2, б) и далее — на вход малошумящего усилителя 2 (конструктивно совмещены и установлены на торце волновода). Далее сигнал проходит через ФВЧ 2-го порядка 3, усилитель 4 и ограничитель амплитуды 5. Блок схемы 6 обеспечивает фазовый прием первой полуволны импульса. На выходе схемы 6 формируется импульс длительностью $T_{узи}$, который „оцифровывается“ счетчиком 7. Микропроцессор 8 считывает состояние счетчика. По окончании измерительного импульса микропроцессор вычисляет расстояние от излучателя до преобразователя. С помощью детектора шума 9 и пикового детектора 10 определяется соотношение сигнал—шум [5]. Посредством встроенного интерфейса 11 RS-485 данные по линии связи передаются в микропроцессор блока сбора информации.

На точность измерения уровня жидкости влияет множество факторов: температура, линейное расширение металлического волновода, дрейф частоты кварцевого генератора и др. С целью исключения воздействия большинства из них предложен метод измерения уровня с автоматической калибровкой [7]. На нижнем конце звукового волновода устанавливается калибровочный излучатель, аналогичный излучателю поплавка (5 на рис. 1; 2, а). Микропроцессор преобразователя (8 на рис. 2, б), изменяя задержку импульса синхронизации (СИ2 на рис. 3), последовательно запускает два процесса: измерение с акустическим излучателем, расположенным на подвижном поплавке, или с калибровочным излучателем, который жестко закреплен на конце волновода. На основе измеренного времени распространения калибровочного УЗИ микропроцессором рассчитываются поправки для времени $T_{узи}$.

Разработанный скважинный уровнемер имеет следующие метрологические характеристики: диапазон измерения уровня — 3 м; разрешающая способность датчика уровня — 0,1 мм; основная погрешность измерения уровня — 0,5 %; рабочий диапазон температур — от 0 до +80 °С; габаритные размеры — 51×3180 мм; масса — 3,5 кг.

Измерение дополнительных параметров. Помимо уровня жидкости в наблюдательной скважине необходимо измерять температуру и электропроводность воды. Для этого был разработан глубоководный измерительный зонд, который может устанавливаться на 10—200 м ниже поверхности земли. На рис. 4, а и б представлены функциональная схема зонда и конструкция датчика проводимости. В качестве датчика температуры 1 применяется платиновое сопротивление типа Platinum RTDs 1000, подключенное к АЦП 2 (AD7788, 16-разрядный малошумящий сигма-дельта преобразователь с дифференциальным входом). Управление устройством выполняется встроенным микропроцессором 3 средствами SPI-интерфейса. Расчет температуры с погрешностью не более 0,5 % в диапазоне изменения 0—100 °С производится микропроцессором по специальному алгоритму.

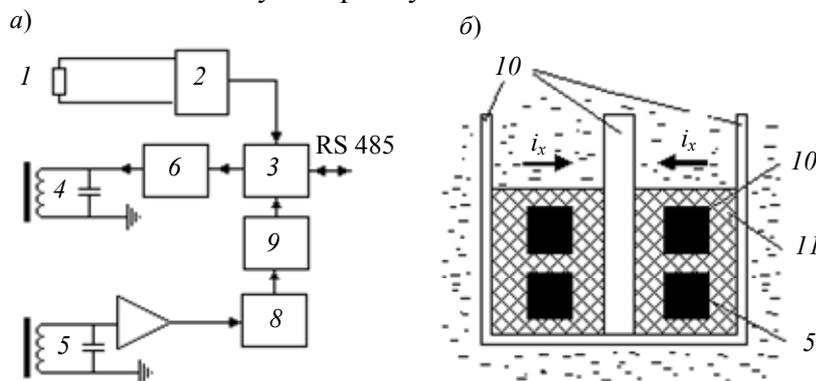


Рис. 4

Основанный на индукционном принципе датчик проводимости [8] представляет собой систему двух соосно расположенных тороидальных катушек индуктивности 4 и 5, охваченных общей петлей связи в виде элементов корпуса датчика 10 и жидкостного проводника

контролируемой среды. Для повышения электрической чувствительности и снижения электрических помех, обусловленных индуктивными и емкостными связями, приемная катушка помещена в незамкнутом экране. Генератор 6 подает переменное напряжение амплитудой 10 В на излучающую катушку 5. Электромагнитное поле вихревых токов возбуждает в приемной катушке 4 ЭДС, величина которой пропорциональна электропроводности жидкости, в которую погружен датчик. ЭДС с катушки поступает на усилитель 7, детектор 8 и через АЦП 9 на микропроцессор. Схема формирует постоянное напряжение, которое прямо пропорционально проводимости в диапазоне от 10 мВ до 3,3 В. У датчика проводимости отсутствуют электроды, и нет электрического контакта с жидкостью, что позволяет использовать его в жестких полевых условиях на большой глубине. Оцифрованные значения температуры и проводимости по запросу передаются в блок сбора информации.

Блок сбора информации. Центральным узлом измерительного комплекса „Кедр“ является блок сбора информации (БСИ). По функциональному назначению БСИ представляет собой регистратор данных (логгер), расположенный на поверхности в оголовке скважины. Программное управление логгером и специализированными датчиками осуществляется микропроцессором серии AVR типа АТМЕГА128. Микропроцессор БСИ всегда находится в „спящем“ режиме и потребляет от источника +12 В не более 70 мкА, что существенно, так как в автономном режиме логгер должен находиться не менее одного года. При воздействии сигналов от выносного индикатора или встроенных часов процессор активизируется. Логгер производит опрос измерительных датчиков, заносит результаты в накопитель данных, осуществляет сеансы связи и переходит в режим пониженного энергопотребления.

Информация с уровнемера и датчиков электропроводности и температуры воды по специальному кабелю (интерфейс RS-485) передается на процессор. Атмосферное давление и температура воздуха измеряются датчиками, установленным на плате БСИ, подключенными к микропроцессору. Опрос всех датчиков производится каждый час. Микропроцессор БСИ с помощью встроенных АЦП контролирует напряжение батареи питания и токи потребления в соответствующих измерительных каналах. БСИ обеспечивает минимизацию электропотребления всеми устройствами и защиту от короткого замыкания.

Информация с измерительных станций „Кедр-ДМ“ передается по каналам сотовой связи или спутниковой связи системы „GlobalStar“. Управление модемами осуществляет микропроцессор средствами интерфейса RS-232 (конвертор UART-RS-232). Для сотовой связи применяются модемы TC65 (Terminal фирмы Siemens), которые работают в диапазоне GSM 850/900/1800/1900 МГц; пакетная передача данных осуществляется с использованием модема со встроенными средствами GPRS. Для передачи данных по каналам спутниковой связи применяется модем GSP-1720, который обеспечивает двустороннюю связь со скоростью 9600 бит/с. Используется пакетная передача данных, которая обеспечивает доступ через станцию сопряжения к ресурсам сети Интернет. Передача информации осуществляется один раз в сутки.

В настоящее время ООО „Полином“ совместно с Тихоокеанским государственным университетом освоено опытное производство и монтаж измерительных станций для мониторинга гидрогеодеформационного поля Земли. Изготовлено и установлено в различных регионах РФ 48 систем с сотовой связью, 9 — со спутниковой связью и более 60 систем без телеметрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вартанян Г. С., Бредехофт Д., Розллоффе Э. А. Гидрогеологические методы при изучении тектонических напряжений // Советская геология. 1992. № 9. С. 3—12.
2. Вартанян Г. С., Гончаров В. С., Кривошеев В. П. и др. Методические указания по ведению гидрогеодеформационного мониторинга для целей сейсмопрогноза (система R-STEP). М.: ЗАО „Геоинформмарк“, 2000. 77 с.

3. Пат. РФ № 2156962. Способ ультразвукового измерения уровня жидкости / Г. А. Калинов, А. В. Лысаков, В. И. Римлянд. 2000.
4. Римлянд В. И., Калинов Г. А., Казарбин А. В. Автоматизированная система измерения уровня жидкости в резервуарах // Изв. вузов. Приборостроение. 2000. Т. 43, № 3. С. 47—50.
5. Калинов Г. А., Римлянд В. И., Мигунов Д. С. Оценка влияния шумов на фазовый способ определения момента прихода акустических импульсов // Вестн. ТОГУ. 2009. № 1 (12). С. 275—282.
6. Римлянд В. И., Кондратьев А. И., Калинов Г. А., Казарбин А. В. Методы диагностики и контроля динамических объектов. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2006. 157 с.
7. Пат. РФ № 200612394. Способ ультразвукового измерения уровня жидкости / Г. А. Калинов, А. В. Лысаков, Д. С. Калинов. 2006.
8. Аметшин Р. М., Лугуманов М. Г. Высокочувствительный датчик электропроводности бурового раствора // Науч.-техн. вестн. „Каротажник“. 2003. Вып. 111—112. С. 173—181.

Сведения об авторах

- Геннадий Алексеевич Калинов** — аспирант; Тихоокеанский государственный университет, кафедра физики, Хабаровск; E-mail: riml@fizika.khstu.ru
- Александр Валентинович Лысаков** — Дальневосточный филиал ВНИИФТРИ, Хабаровск; ведущий инженер; E-mail: polinom@poli.khv.ru
- Владимир Иосифович Римлянд** — д-р техн. наук, доцент; Тихоокеанский государственный университет, кафедра физики, Хабаровск; и.о. заведующего кафедрой; E-mail: riml@fizika.khstu.ru

Рекомендована кафедрой
физики Тихоокеанского
государственного университета

Поступила в редакцию
09.06.10 г.

УДК 614.842.3

А. С. ВАСИЛЬЕВ, А. В. КРАСНЯЩИХ, В. В. КОРОТАЕВ, О. Ю. ЛАШМАНОВ,
Д. Ю. ЛЫСЕНКО, О. Н. НЕНАРОКОМОВ, А. С. ШИРОКОВ, С. Н. ЯРЫШЕВ

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ МЕТОДОМ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рассмотрены вопросы разработки программно-аппаратного комплекса обнаружения и мониторинга лесных пожаров на базе беспилотного летательного аппарата с применением метода совмещения изображения тепловизионного и телевизионного каналов. Обоснован выбор основных компонентов системы. Описывается архитектура специального программного обеспечения.

Ключевые слова: совмещение видеоинформации, оптико-электронная система, система обнаружения и мониторинга лесных пожаров, телевизионная камера, тепловизор.

Введение. Обнаружение лесных пожаров и прогнозирование их распространения является важной народно-хозяйственной задачей. Одним из наиболее эффективных методов своевременного обнаружения является использование видеoinформационного оборудования, установленного на борту беспилотного летательного аппарата (БПЛА) [1].

Принцип совмещения видеоинформации предполагает, что для повышения эффективности видеoinформационной системы используется несколько видеoinформационных каналов с различными характеристиками. Наиболее часто применяют совмещение двух и более