

**БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ МЕТАНА
ДЛЯ ДОБЫЧНОГО УЧАСТКА УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ**

***И. Ф. Огороднейчук, В. И. Яцышин, И. Я. Журавлев,
Н. И. Жук***

Харьков

Небольшая дальность передачи участковых систем телемеханики позволяет применять беспроводные линии связи, организованные по горным городам. В качестве носителя информации в данном случае исполь-

зуется низкочастотное электромагнитное поле, излучаемое передающим элементом. Оптимальным излучателем для условий горных выработок является электрический заземленный диполь [1].

Условия передачи сигналов по беспроводной линии этого типа могут быть определены из схемы замещения (рис. 1, а).

Здесь приняты обозначения:

- $U, Z_{\text{вых}}$ — параметры выходного каскада передатчика;
- Z_{a1}, Z_{a2} — полное входное сопротивление передающей и приемной антенн;
- $Z_{\text{вх}}$ — входное сопротивление приемника;
- ΔU — сигнал на входе приемника;
- Z_{12} — сопротивление передачи, учитывающее механизм распространения электромагнитного поля от передающей антенны к приемной.

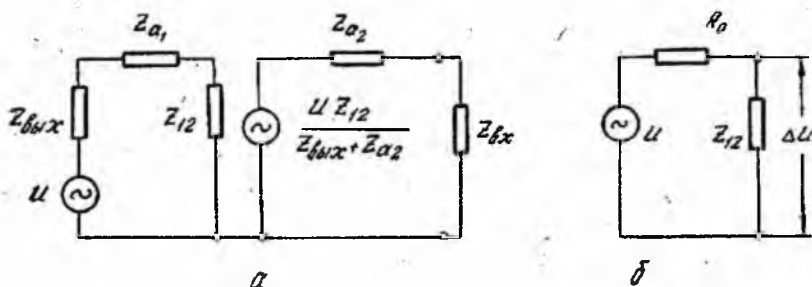


Рис. 1. Эквивалентные схемы передачи по беспроводной линии связи.

Нетрудно показать, что при заданном уровне выходного напряжения передатчика сигнал на входе приемника максимален при условиях

$$Z_{\text{вых}} = 0, \quad (1)$$

$$Z_{\text{вх}} = \infty. \quad (2)$$

Если учесть, что входное сопротивление заземленного диполя в низкочастотном диапазоне чисто активно и определяется сопротивлением растекания заземлителей

$$Z_a = R_0, \quad (3)$$

то при выполнении условий (1), (2) схема замещения значительно упрощается (рис. 1, б).

Теперь передаточную функцию беспроводной линии связи можно записать в виде

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{Z_{12}}{Z_{12} + R_0}. \quad (4)$$

Величина сопротивления Z_{12} зависит от дальности передачи, частоты электромагнитного поля и параметров горных пород.

При горизонтальной ориентации передающего и приемного диполей по отношению к угольным пластам

$$Z_{12} = \frac{l_1 l_2}{4\pi\epsilon_n r^3} \cdot F_r, \quad (5)$$

$$F_r = \sqrt{(br + 1)^2 + b^2 r^2 (2br + 1)^2}, \quad (6)$$

где l_1, l_2 — длина передающего и приемного диполей;
 σ_n — проводимость вмещающих пород;

$b = \sqrt{\frac{\omega \mu_0 \sigma_n}{2}}$ — коэффициент фазы и затухания электромагнитного поля в проводящей среде;
 ω — круговая частота;
 μ_0 — магнитная проницаемость пород;
 r — расстояние передачи.

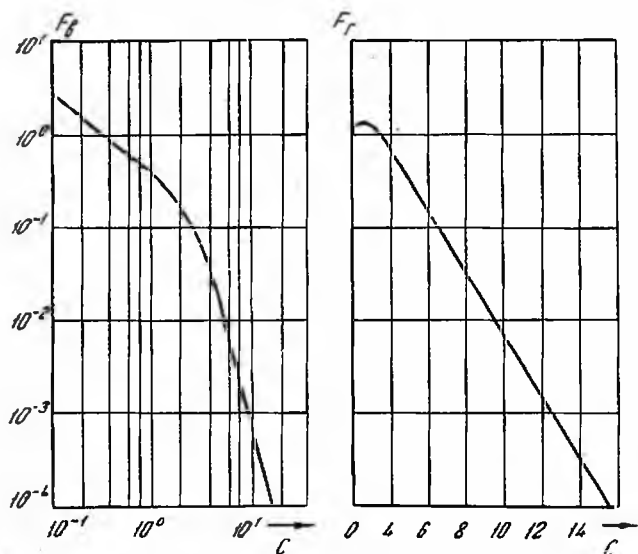


Рис. 2. Зависимость коэффициентов F_γ и F_β от приведенного расстояния $c = br$.

Если заземлители устраиваются в кровле и почве угольного пласта, то расчет передаточной функции существенно отличается от предыдущего случая.

Для малых расстояний, небольших частот и низких проводимостей пород, т. е. случая, когда приемная антенна находится в ближней зоне передающего диполя [2],

$$Z_{12} = \frac{H^2}{16\pi\sigma_n r^3} \left(\frac{\sigma_n}{\sigma_y} \right)^2. \quad (7)$$

Здесь H — мощность угольного пласта;

σ_y — удельная электрическая проводимость угля.

Для расстояний передачи, сравнимых с длиной волны электромагнитного поля в породах,

$$Z_{12} = r\pi\omega\mu_0 \left(\frac{\sigma_n}{\sigma_y} \right)^2 \cdot \left(\frac{H}{\lambda_n} \right)^2 HF_\beta, \quad (8)$$

$$F_\beta = K_0(jk_n r), \quad (9)$$

где λ_n — длина волны электромагнитного поля в породах;

$k_n = (1 - j)$ — волновое число пород;

K_0 — модифицированная функция Бесселя второго рода нулевого порядка.

При расчете коэффициентов F_γ и F_β , определяющих частотную зависимость передаточных функций горизонтальных и вертикальных дипо-

лей, может быть использован рис. 2, на котором эти величины представлены в зависимости от приведенного расстояния

$$c = br. \quad (10)$$

Рабочий диапазон частот системы ТИ определяется тремя основными факторами: затуханием электромагнитного поля, уровнем и спектром помех, действующих в горных породах, объемом передаваемой информации. Учитывая зависимость коэффициента затухания от частоты, на основании анализа спектрального состава помех [3] частота сигнала при отсутствии метана в атмосфере принята равной 4,5 кГц. Верхняя частота, соответствующая 1,2% CH_4 , определяется из соотношения

$$f_{\text{ГР}} = f_0 \lambda, \quad (11)$$

где λ — коэффициент регулирования частоты.

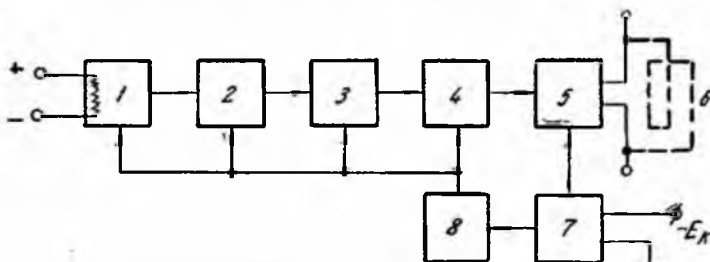


Рис. 3. Блок-схема устройства телеизмерения метана в атмосфере выработок.

Исходя из соображений повышения точности системы принято $\lambda = 1,35$. При этом диапазон изменения частоты сигнала находится в пределах 4,5—6 кГц.

Уровень полезного сигнала на входе приемника для случая горизонтальных электрических заземленных диполей определяется из выражения

$$\Delta U = \frac{l_1 l_2}{4\pi\alpha_{11} r^3} \sqrt{\frac{P}{Z_{a1}}} \cdot F_r(\omega), \quad (12)$$

где P — мощность передатчика.

Для устройств, работающих во взрывоопасной среде, величина мощности передатчика ограничивается условием искробезопасности. Проведенные Макеевским научно-исследовательским институтом испытания выходной цепи позволяют отнести последнюю к числу искробезопасных ($k_{ис} = 2,5$). При этом ток в диполе не должен превышать 0,75 а; мощность передатчика ограничивается величиной 5 Вт, а значение сопротивления растекания должно находиться в пределах 6—10 ом.

Наибольшая величина сигнала на входе приемника достигается в том случае, если приемный и передающий диполи ориентированы параллельно друг другу. Длина передающего диполя для улучшения соотношения сигнал — помеха выбирается возможно большей. Исходя из технологических соображений целесообразно его размеры принять равными месячному продвижению линии забоя, что составляет 30—40 м. В этом случае переноска диполя производится вместе с переноской аппаратуры на откаточном штреке и один заземлитель используется дважды.

Увеличение длины приемного диполя приводит к возрастанию сигнала на входе приемника, но соотношение сигнал — помеха остается неизменным. Удовлетворительные результаты получаются при $l_2 = 10$ м. Блок-схема устройства ТИ приведена на рис. 3.

В качестве первичного преобразователя концентрации метана в электрический сигнал используется серийно выпускаемый датчик ДМТ-2. Сигнал разбаланса моста датчика 1 поступает на вход усилителя постоянного тока 2. В системе использован балансный двухкаскадный усилитель с компенсацией температурного дрейфа и инвертором нулевой точки для согласования моста датчика с преобразователем напряжения. УПТ испытывался в течение длительного времени в интервале температур 10—40°C.

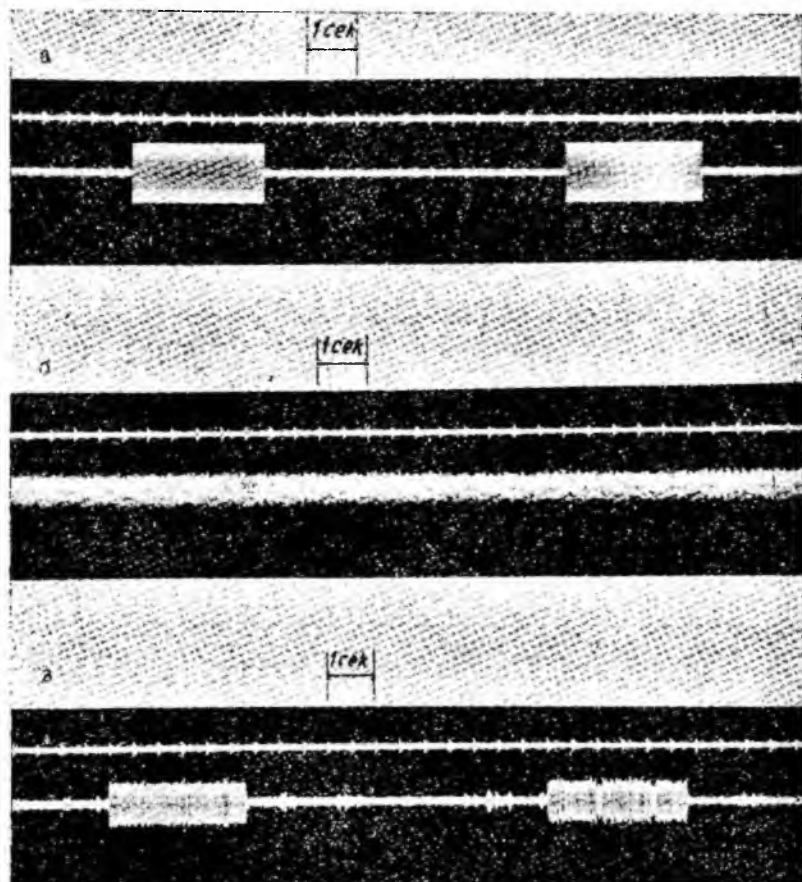


Рис. 4. Осциллограммы сигнала и помехи:

а — сигнал на выходе передатчика; б — сигнал и помехи на входе приемника; в — сигнал на выходе селективного усилителя.

Приведенный дрейф нуля не превышает 150 мкв. В качестве преобразователя напряжения разбаланса в частоту сигнала используется мультивибратор Ройера с фиксированным током смещения 3.

При $I_{см} = 9 \text{ ма}$ погрешность преобразования не превышает $\pm 0,2\%$ при изменении напряжения питания от $U_{пит}$ до $\frac{1}{3} U_{пит}$. Преобразованный сигнал усиливается усилителем 4, 5 и излучается передающим диполем 6.

Для повышения экономичности системы применен импульсный режим работы передатчика. Предпосылкой для использования такого режима является инерционность процесса газовыделения. Мгновенные значения

измеряемой величины передаются каждые 30 сек. Длительность рабочей посылки равна 5 сек. В качестве генератора рабочих посылок используется мультивибратор 7 на импульсных мостовых элементах, который одновременно подключает на время посылки источник питания 8 к измерительному мосту датчика. Питание цепей передатчика осуществляется от четырех аккумуляторных батарей типа ЗШКН-10. Один комплект батарей обеспечивает работу передатчика в течение 64 часов. Самой энергоемкой является цепь накала датчика. Ввиду очень большой постоянной времени этой цепи (4—6 мин) здесь не представляется возможным использовать импульсный режим работы.

Приемный полукompлект представляет собой избирательный усилитель с формирователем и частотомером. Характеристики усилителя следующие: чувствительность — 100 мкв; диапазон частот — 4,5—6,5 кГц; коэффициент усиления в полосе — 60 дБ; крутизна затухания вне полосы — 30 дБ на октаву; динамический диапазон — 40 дБ.

Питание приемника осуществляется от двух батарей типа 5РЦ-85. Продолжительность непрерывной работы — 100 часов. Аппаратура ТИ метана прошла предварительные испытания на шахтах Донбасса. На рис. 4 приведены осциллограммы сигнала, снятые при следующих условиях:

- а) дальность передачи — 150 м;
- б) тип излучателя — горизонтальный электрический заземленный диполь длиной 30 м;
- в) ток в передающем диполе — 0,65 а;
- г) длина приемного диполя — 10 м;
- д) проводимость среды — 10^{-2} сим/м.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Ф. Огороднейчук, И. Я. Журавлев. О возможности построения беспроводной системы телеизмерения метана. «Изв. вузов, Горный журнал», № 4, 1967.
2. Н. Н. Федоров. Основы электродинамики. Изд-во «Высшая школа», 1965.
3. И. Я. Журавлев, В. И. Яцышин. Изучение помех в горных породах. Сб. «Приборы и системы автоматики», вып. 5. Изд-во Харьковск. ун-та, 1967.

ВЛИЯНИЕ ПОСТЕПЕННЫХ ОТКАЗОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ МАШИНЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ

М. Г. Грудин

Киев

Машины централизованного контроля по своей структуре являются многоканальными и многофункциональными системами, состоящими из большого количества элементов и деталей.

В настоящее время имеется возможность определить на стадии проектирования расчетные параметры надежности по отношению к внезапным, «катастрофическим» отказам. Однако, принимая во внимание специфику функционирования машин централизованного контроля, необходимо учитывать влияние на надежность и постепенных («параметрических», «деградационных») отказов.

Основными функциями подавляющего большинства машин централизованного контроля являются: выборочное измерение в цифровой или аналоговой форме отклонений параметров от заданных значений, цифровая регистрация (опросная через заданные промежутки времени или по