РАДИОВОЛНОВОЙ ДАТЧИК БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ УРОВНЯ РУДЫ В БУНКЕРАХ ГОКов

С. А. Волотковский, М. М. Задериголова

Днепропетровск

Создание автоматических устройств контроля технологических процессов, эффективных в техническом и в экономическом смысле, что весьма важно для большинства систем горной автоматики, связано с разрешением многих противоречий.

Основными противоречиями являются: а) необходимость создания устройств автоматического контроля с высокой технической эффективностью при малых затратах производства; б) обеспечение устройствами автоматического контроля довольно сложных задач при простых структуре и конструкции, упрощающих их обслуживание и снижающих эксплуатационные расходы; в) обеспечение условий высокой надежности устройств автоматического контроля при учете перечисленных требований.

Устройства для контроля или фиксации уровня руды в бункерах ГОКов находящиеся в эксплуатации, либо требуют соприкосновения чувствительных элементов с горной породой (механические, емкостные, электродные [1]), либо довольно громоздки (ультразвуковые), обладающие рядом специфичных особенностей (радиационные), не обеспечивая при этом заданной надежности и высокой разрешающей способности.

Интенсивная разработка бесконтактной аппаратуры горной автоматики позволила значительно повысить задаваемый уровень надежности систем автоматического управления и контроля технологических процессов без их существенного структурного усложнения по сравнению с аналогичными системами, выполненными на релейно-контактной аппаратуре. При этом достигался выигрыш в общих показателях массы, размеров, энергопотребления, удобства обслуживания [2].

Исследования, проведенные в Днепропетровском горном институте [3], показали, что для решения указанных задач наиболее пригоден радиоволновой метод. В качестве конкретного примера в статье приводится описание конструкции радиоволнового датчика, разработанного авторами для бесконтактного контроля уровня горных пород в бункерах.

Принцип действия датчика основан на различии в электрических свойствах воздушной среды и контролируемого материала. Основным параметром радиоволнового датчика является частота электромагнитного поля f, которая определяется электрическими параметрами горных пород, расстоянием до контролируемого уровня r и приемлемыми размерами чувствительного элемента (антенны).

Принципиальная схема датчика реализует изменения комплексного сопротивления антенны $Z_{вх}$, вызываемого влиянием на ее параметры э. д. с., наведенной высокочастотным полем в окружающей среде. В свою очередь величина наведенной э. д. с. определяется электрическими свойствами контролируемой среды, конструкцией и направленностью антенного устройства, его расположением относительно окружающих предметов и размерами последних.

Полное входное сопротивление антенны $Z_{вх}$ в общем случае имеет комплексный характер [4]:

$$Z_{вх} = \frac{R_{\Sigma} + R_{п} + R_{н}}{\sin \alpha l} - iW_{св} \operatorname{ctg} \alpha l, \tag{1}$$

где R_{Σ} — сопротивление излучения антенны в свободном пространстве;
$R_{п}$ — сопротивление тепловых потерь в антенне;
$R_{н}$ — активная составляющая сопротивления излучения, наведенная окружающими предметами;
α — коэффициент фазы;
l — длина антенны;
$W_{св}$ — волновое сопротивление антенны с учетом ее взаимной связи с окружающей средой

$$W_{св} = W \sqrt{1 + \frac{X_{1\,нав}}{\alpha W}}, \tag{2}$$

где W — волновое сопротивление антенны в свободном пространстве;
$X_{1нав}$ — наведенное реактивное сопротивление, приходящееся на единицу длины.

Изменение входного сопротивления антенны при $l = \frac{\lambda}{4}$ в зависимости от расстояния r до контролируемой среды с реальными электрическими параметрами может быть выражено формулой [5]:

$$\Delta Z_{\frac{\lambda}{4}} = -60 \frac{k_1}{k_2} f_{\frac{\lambda}{4}}\left(\frac{r}{\lambda}\right), \tag{3}$$

где k_1 — волновое число свободного пространства;
k_2 — волновое число среды с реальными электрическими параметрами;
λ — длина волны, *м*;
r — высота подвеса антенны, *м*;
$f_{\frac{\lambda}{4}}\left(\frac{r}{\lambda}\right)$ — функция, не зависящая от параметров контролируемой среды, а зависящая лишь от геометрии излучающей системы.

Так, например, при $\frac{r}{\lambda} = 0{,}03$ $f_{\frac{\lambda}{4}}\left(\frac{r}{\lambda}\right) = -0{,}86 - i0{,}76$, а при $\frac{r}{\lambda} = 1{,}0$ $f_{\frac{\lambda}{4}}\left(\frac{r}{\lambda}\right) = -0{,}082 + i\,0{,}007$. Если диэлектрическая проницаемость среды $\varepsilon = 10$, проводимость $\sigma = 10^{-2}$ *мо/м*, частота $f = 50$ *Мгц*, то $\frac{k_1}{k_2} = 0{,}307$.

Отношение $\frac{2\sigma}{\varepsilon f} = \frac{4\pi\sigma}{\varepsilon\omega}$ [5], где f — частота поля в *гц*, характеризует отношение токов проводимости и смещения, поэтому при $f = 400$—500 *Мгц* (диапазон, используемый в датчике) величина $\frac{2\sigma}{\varepsilon f} \gg 1$ и основное влияние на параметры чувствительного элемента будут оказывать диэлектрические свойства горной породы [$\varepsilon = F(f)$].

Радиоволновой бесконтактный датчик (рисунок) состоит из двухконтактного УКВ генератора *1*, настроенного на разрешенную частоту $f = 460$ *Мгц*, схемы сравнения *2*, усилителя *3*, регистрирующего устройства *4*, блока питания *5* и чувствительного элемента *6*. Датчик устанавливается над бункером *7* на расстоянии r до контролируемого уровня горной породы.

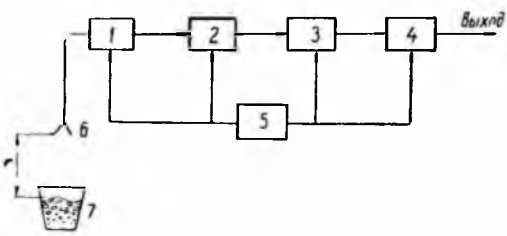


Рис. 1. Блок-схема радиоволнового датчика:

1 — УКВ генератор; *2* — схема сравнения; *3* — усилитель; *4* — регистрирующее устройство; *5* — блок питания; *6* — чувствительный элемент; *7* — бункер.

Чувствительность S разработанного радиволнового датчика, в отличие от предложенных ранее [6], в несколько десятков раз больше за счет применения в нем антенного устройства с высоким значением входного сопротивления $Z_{вх} = 500 - 1400$ *ом*.

Известно, что S датчиков, использующих изменение режима автогенератора, определяется из выражения

$$S = \frac{\Delta R_н}{R_г + R_п + R_н}, \qquad (4)$$

и, следовательно, зависит от величины входного сопротивления $Z_{вх}$. В качестве чувствительного элемента применяется щелевая антенна с $Z_{вх} \approx 500$ *ом* [7] или двойной шлейф — вибратор, который выполнен с $Z_{вх} = 1400$ *ом*. Применение этих антенн в пределах одного диапазона оказалось весьма эффективным.

С целью повышения помехоустойчивости и направленности действия антенны задний лепесток диаграммы подавляется специальным пассивным рефлектором, отстоящим от активного элемента на расстоянии $0{,}27\lambda$.

Благодаря применению пассивного рефлектора, поле перед рамкой увеличилось почти вдвое (коэффициент усиления $I = 10 - 12$ *дб*), а за рефлектором практически снизилось до 0.

УКВ генератор выполнен на базе блока радиовысотомера РВ-2 [8]. Симметричный выход автогенератора индуктивно связан с анодным контуром. Конфигурация и положение витка связи подобраны таким образом, чтобы получить максимальную зависимость режима работы генератора от изменения $Z_{вх}$ антенны. Режим работы генератора контролируется по сеточному току лампы 6С1Ж. Сигнал с сеточного контура подается через схему сравнения *2* и усилитель *3* в блок регистрирующего устройства *4* и далее в систему автоматического регулирования загрузкой бункеров ГОКа.

Лабораторные и промышленные испытания опытного образца радиоволнового датчика, проведенные на дробильной фабрике СевГОКа, установили высокую работоспособность датчика, возможность применения его для дискретного контроля уровней в диапазоне 0—10 *м*; при этом точность контроля уровня — не меньше $\pm$ 10 *см*. Экономическая эффек-

тивность внедрения радиоволнового датчика на одной линии автоматической загрузки бункеров ГОКа составляет 25—30 тыс. руб. в год при ориентировочной стоимости опытно-промышленного образца 200 руб.

В заключение добавим, что промышленные испытания радиоволнового датчика установили возможность использования его для контроля режима работы ленточных конвейеров, и регистрации при этом веса транспортируемого материала и записью результатов измерений на диаграммную ленту. К испытаниям подготовлен также датчик бесконтактного контроля скорости движения конвейерной ленты.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. Б. Карапдаев, Ф. Б. Гриневич, А. И. Новик. Емкостные самокомпенсированные уровнемеры. Изд-во «Энергия», 1966.

2. В. А. Михайлов, В. Н. Давиденко и др. Надежность аппаратуры горных автоматических устройств. Изд-во «Техника», Киев, 1967.

3. Л. Г. Сакало, А. А. Воробьев, В. С. Шапошников. Исследования радиоволновых датчиков контроля производственных процессов в горной промышленности. Сб. «Горная электромеханика и автоматика», вып. 8. Изд-во ХГУ, Харьков. 1967.

4. Г. З. Айзенберг. Коротковолновые антенны. Связьиздат, 1962.

5. Г. А. Князев, А. С. Лавров. Приземные и подземные антенны. Изд-во «Советское радио», 1965.

6. Э. И Арш, Г. Р. Носов, Л. А. Красин, Н. Г. Любимов. Радиоволновые измерения при добыче, переработке и разведке угля. Изд-во «Техніка», Киев. 1967.

7. С. А. Волотковский, Л. Г. Сакало, М. М. Задериголова. Радиоволновой датчик уровня горных пород. Сб. «Металлургическая и горная промышленность», вып. 2. Изд-во «Промінь», Днепропетровск, 1968.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧИСЕЛ ИЗ СИСТЕМЫ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ В ПОЗИЦИОННУЮ СИСТЕМУ СЧИСЛЕНИЯ

Ю. Ю. Завизиступ, Г. Н. Острась, Б. Г. Шеховцов

Харьков

Известны способы преобразования чисел из системы остаточных классов (СОК) в позиционную систему (ПС) с помощью системы единичных базисных векторов, а также так называемой китайской теоремы об остатках [1]. Согласно первому способу, преобразуемое число — из СОК в ПС представляется как линейная комбинация базисных единичных ортогональных векторов

$$X \equiv | r_0 Q_0 + r_1 Q_1 + \ldots + r_m Q_m | \bmod M,$$

где r_i — значение остатка по модулю m_i числа в СОК;

Q_i — единичный базисный вектор для данного набора оснований m_i;

$M = \prod_{i=1}^{N} m_i$ — период СОК;

X — число в позиционной системе;

N — число модулей.

В связи с необходимостью выполнения операций умножения данный способ имеет малую производительность.

Преобразование, согласно китайской теореме об остатках, осуществляется согласно зависимости

$$X \equiv \left| \sum_{i=1}^{N} \hat{m}_i | \alpha_i r_i |_{\bmod m_i} \right|_{\bmod M}.$$

Здесь $\alpha_i = \frac{1}{\hat{m}_i}$ — формальная обратная величина, $\hat{m}_i = \frac{M}{m_i}$.