Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LXII, вып. 1, 1972 г.

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ВЛАГОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Е. В. Жилкина

В высокочастотной влагометрической системе, разработанной в Ленинградском горном институте и предназначенной для экспрессного определения влажности апатитового концентрата, выходным параметром является емкость [1, 2]. Уравнение градуирования этой системы, полученное при $T=30°$ с помощью корреляционного анализа, имеет вид

$$C = 5{,}5\,W + 17{,}8, \tag{1}$$

где C — показания влагомера, *пф*; W — влажность концентрата, %.

Однако выходной параметр является функцией не только влажности концентрата, но и его температуры, что обусловлено прежде всего температурными изменениями электрофизических параметров материала [3]. Поэтому всю совокупность измерений необходимо приводить к температуре градуирования T_1 с помощью среднего значения температурного коэффициента емкости $ТКЕ_{ср}$

$$\alpha_{т_1} = \alpha_{т_ф} \pm (ТКЕ)_{ср}\,(T_1 - T_ф), \tag{2}$$

где $\alpha_{т_1}$ — показание прибора при T_1; $T_ф$ — фактическая температура измерений; $\alpha_{т_ф}$ — показания прибора при $T_ф$.

У апатитового концентрата $ТКЕ_{ср}$ =0,2 *пф*/°С. Таким образом, решение задачи об уменьшении температурной погрешности системы можно свести к воздействию на значение регистрируемой емкости.

Температурную компенсацию можно осуществить с помощью полупроводниковых диодов, обладающих переменной емкостью (варикапов) и полупроводниковых терморезисторов. Принцип работы такой термокомпенсации заключается в следующем. Терморезистор, находясь в контакте с материалом, меняет свое сопротивление в функции температуры материала. Соответственно меняется распределение напряжений в цепи $r—r_т$ и величина управляющего напряжения $U_у$. Последнее приводит к изменению емкости варикапа, что и компенсирует температурную погрешность системы.

Связь емкости с управляющим напряжением для варикапов описывается зависимостью

$$C_з = aU_у^{-n}. \tag{3}$$

Для температурной компенсации можно использовать варикап Д 901, емкость которого в процентах от номинальной

$$C_з = 189U_у - 0{,}46. \tag{4}$$

Необходимое для компенсации изменение емкости варикапа находим по известному значению $ТКЕ_{ср}$ концентрата

$$-\Delta C = ТКЕ_{ср}\,\Delta T, \tag{5}$$

где ΔT — рабочий перепад температур.

Емкость варикапа в процентах от начальной при T_{max}

$$C_з = \frac{C_0 - \Delta C}{C_0}\,100\%, \tag{6}$$

где C_0 — начальная емкость варикапа при T_{min} и $U_у = 4$ *в*.

Управляющее напряжение, соответствующее T_{max}, можно определить из уравнения (4)

$$U_{у\,max} = \exp\left[\frac{\ln 189 - \ln C_з}{0{,}46}\right]. \tag{7}$$

Поскольку необходимое значение $U_{у\,max}$ не превосходит 10—15 *в*, то участок обобщенной характеристики варикапа можно аппроксимировать прямой. В этом случае значение температурного коэффициента управляющего напряжения

$$TKU_у = \frac{U_{у\,max} - 4}{4\Delta T}\,100\%, \tag{8}$$

Для цепи термокомпенсации должно выполняться соотношение

$$TKU_у = \frac{r_т}{r + r_т}\,TKC_т, \tag{9}$$

где $ТКС_т$ — температурный коэффициент терморезистора.

На основании этого уравнения можно выбрать величины r и $r_т$.

Работоспособность емкостной схемы термокомпенсации проверена экспериментально (рис. 1). Снимали зависимость показаний датчика от температуры концентрата T, причем последний был предварительно высушен. Датчик рассеянного поля представлял собой цилиндрический плексиглазовый контейнер, на дне которого расположены три кольцевых электрода. Терморезистор крепили в центре внутреннего электрода так, что он не соприкасался ни с электродом, ни с материалом датчика. Показания влагомера C снимали при нагревании и охлаждении концентрата. Температурный коэффициент ТКЕ вычисляли для каждого случая отдельно.

В результате получены следующие данные при U_0=8,5 *в*:

T, °C	C, *пф*	$TKE = \frac{\Delta C}{\Delta T}$, *пф/град*	T, ° C	C, *пф*	$TKE = \frac{\Delta C}{\Delta T}$, *пф/град*
20	89,7		26	94	
40	90,3	0,025	31	93,8	
52	90,5		36	93,5	
47	90,6		40	93,5	0,04
42	90,9		44	93,6	
37	90,3	0,028	49	93,7	
34	90		56	92,8	
32	93,8		52	91,5	
35	93,5		45	91,6	
48	93	0,058	38	92,1	0,05
58	92,3		32	92,6	
			26	92,8	

Как показывает эксперимент, ТКЕ датчика с температурной компенсацией уменьшился в среднем в 4—5 раз по сравнению с ТКЕ обычного датчика.

Таким образом, предлагаемый датчик обеспечивает уменьшение температурной погрешности дискретной влагометрической системы воздействием на значение регистрируемой емкости.

При производственных испытаниях датчика с емкостной температурной компенсацией на обогатительной фабрике АНОФ-2 комбината «Апатит» решали две задачи: устанавливали градуировку нового датчика и его работоспособность. В качестве эталонного был принят метод определения влажности концентрата с помощью влагометрической системы с датчиком без температурной компенсации, разработанной в Ленинградском горном институте и применяемой в настоящее время на комбинате «Апатит». Температуру концентрата измеряли электротермометром ТСМ-2.

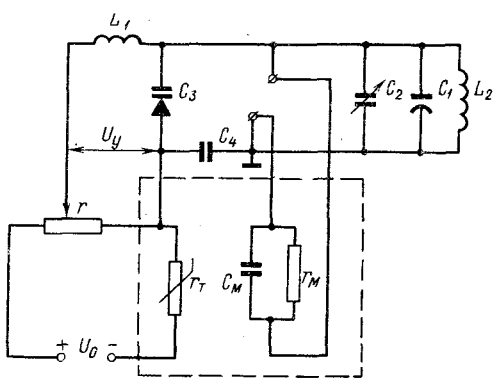


Рис. 1. Схема емкостной температурной компенсации:

$C_м$ и $r_м$ — емкость и сопротивление датчика с концентратом; L_1 — фильтр; U_0 — источник питания; $U_м$ — управляющее напряжение; L_2, C_1 и C_2 — элементы контура рабочего генератора влагометрической системы; C_3 — варикап; C_4 — блокировочный конденсатор; r — постоянное сопротивление, с которого подается управляющее напряжение на варикап; r_y — терморезистор, устанавливаемый в датчике системы (все элементы датчика обведены пунктирной линией)

Зависимость показаний прибора от влажности апатитового концентрата, а также сопоставление показаний нового и старого датчиков исследовали методом корреляционного анализа [4].

При контрольных испытаниях концентрат одной пробы засыпали одновременно в оба датчика и одновременно проводили измерения. Из 57 измерений расхождения в показаниях нового и старого датчиков составили: в 30 случаях $\leqslant 0{,}1\%$, в 12 случаях $\leqslant 0{,}15\%$, в 7 случаях 0,2%,

в 8 случаях >0,2%. Эмпирическая и теоретическая линии регрессии даны на рис. 2. Уравнение теоретической линии регрессии

$$W_{н.д} = 1{,}08\,W_{с.д} - 0{,}1, \qquad (10)$$

где $W_{н.д}$ и $W_{с.д}$ — влажность концентрата по показаниям нового и старого датчика, %.

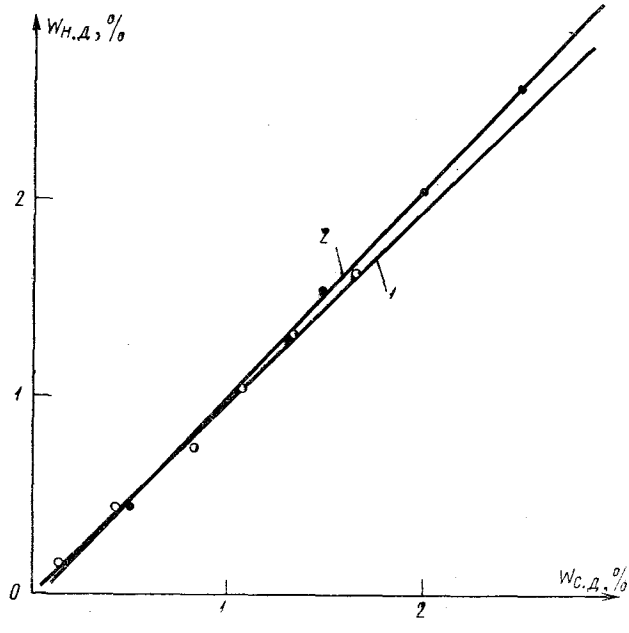


Рис. 2. Экспериментальная *1* и теоретическая *2* зависимости показаний влагомера с новым и старым датчиком

Степень рассеивания значений $W_{н.д}$ для различных $W_{с.д}$, т. е. коэффициент корреляции,

$$r = a\frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 0{,}83, \qquad (11)$$

где a — коэффициент; σ — дисперсия.

Высокое значение коэффициента корреляции свидетельствует о хорошей работоспособности датчика с емкостной температурной компенсацией. Его внедрение упростит методику определения влажности апатитового концентрата и тем облегчит труд работников ОТК обогатительных фабрик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Е. С. Влагометрическая система для апатитового концентрата. Обогащение руд, 1965, № 5.

2. Кричевский Е. С. Методика составления градуировочных характеристик влагомеров. Измерительная техника, 1969, № 12.

3. Жилкина Е. В. Зависимость электрофизических свойств апатитового и нефелинового концентратов от их влагосодержания. Обогащение руд, 1964, № 6.

4. Длин А. М. Математическая статистика в технике. Советская наука, 1958.