Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т. 106

УДК 622.7.092

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ВЛАГОМЕР ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПРОДУКТОВ ФИЛЬТРОВАНИЯ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.П.ТЕРЕХОВ, С.Н.ДИКУН

Для контроля влажности сыпучих продуктов горно-химической промышленности предпочтительно использовать инфракрасные и высокочастотные методы, обеспечивающие максимальную чувствительность выходного параметра измерительного средства от влажности материала [1, 3]. При этом следует учитывать недостатки выпускаемых промышленностью инфракрасных влагомеров типа "ВСМИ" и "Берег" (измерение влажности лишь тонкого слоя материала, влияние характера его поверхности, затраты времени на чистку оптической системы) и ограниченный диапазон (до 4 %) влажности, измеряемой высокочастотными влагомерами.

Особенностью продуктов фильтрования горно-химических производств как объектов высокочастотного контроля влажности являются высокие значения тангенса угла диалектрических потерь при относительно небольших значениях диалектрической проницаемости [2]. Поэтому измерительная схема высокочастотного влагомера для этих продуктов должна обеспечивать высокую точность измерения емкостной составляющей комплексного сопротивления первичного преобразователя влажности, шунтированной активным сопротивлением сыпучего материала, не превышающим нескольких десятков ом. При этом схема должна отвечать условию максимальной чувствительности выходного параметра $Z_м$ к емкостной составляющей

$$S_{C_м} = \frac{\partial Z_м C_м}{\partial C_м Z_м} \longrightarrow max$$

комплексного сопротивления преобразователя и минимальной чувствительности к активной составляющей

$$S_{R_м} = \frac{\partial Z_м R_м}{\partial R_м Z_м} \longrightarrow min .$$

Сравнительным анализом чувствительности измерительных схем, применяемых в высокочастотной влагометрии [1], показано, что при тангенсе угла

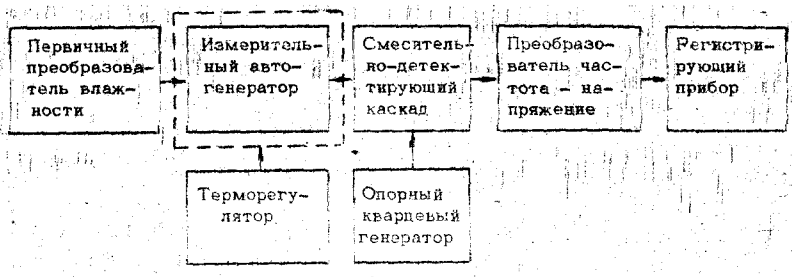


Рис.1. Функциональная схема влагомера

диэлектрических потерь $tg\delta > 0{,}6$ наибольшую чувствительность по емкостной составляющей $S_{c_м}$ обеспечивает схема F-метра, в которой выходным информационным параметром является изменение частоты измерительного автогенератора, в контур которого подключается первичный преобразователь влажности. По этой причине высокочастотный влагомер для контроля влажности продуктов фильтрования горно-химического производства, разработанный в Ленинградском горном институте, выполнен по принципу гетеродинного измерения электрической емкости с последующим преобразованием разностной частоты измерительного и опорного автогенераторов в постоянное напряжение. Функциональная и принципиальная схемы влагомера приведены на рис.I, 2

В состав блоков измерительной схемы влагомера входят емкостной первичный преобразователь одностороннего поля, включенный в измерительный генератор, помещенный в термостат; опорный кварцевый генератор с частотой I МГц, смесительно-детектирующий каскад и преобразователь частота – напряжение.

От известных разработок описываемый высокочастотный влагомер отличается схемами измерительного генератора и смесительно-детектирующего каскада. Измерительный генератор выполнен по схеме индуктивной трехточки с сильной обратной связью и реализован на транзисторе $VT1$ типа 2Т602Б с высокими значениями крутизны и коэффициента усиления. Генератор помещен в термостат, внутри которого с помощью терморегулятора, выполненного по мостовой схеме, с использованием термистора с очень малой тепловой инерцией $RK1$ СТ3-I9 поддерживается постоянная температура. Термостабилизация обеспечивает нестабильность частоты генератора, не превышающую 50 Гц.

Реализация смесительно-детектирующего каскада на двухзатворном полевом транзисторе $VT6$ типа 2П350Б позволяет выделять разностную частоту измерительного и опорного автогенераторов от I0 Гц до I00 кГц.

Использование в измерительной схеме влагомера описанных блоков позволяет осуществлять контроль влажности сыпучих продуктов при максимальном уровне емкостной составляющей комплексного сопротивления первичного преобразователя в I000 пФ и при минимальной величине шунтирующего емкость активного сопротивления контролируемого материала в 30 Ом. Погрешность измерений электрической емкости при этом не превышает 0,5 пФ. Такие тех-

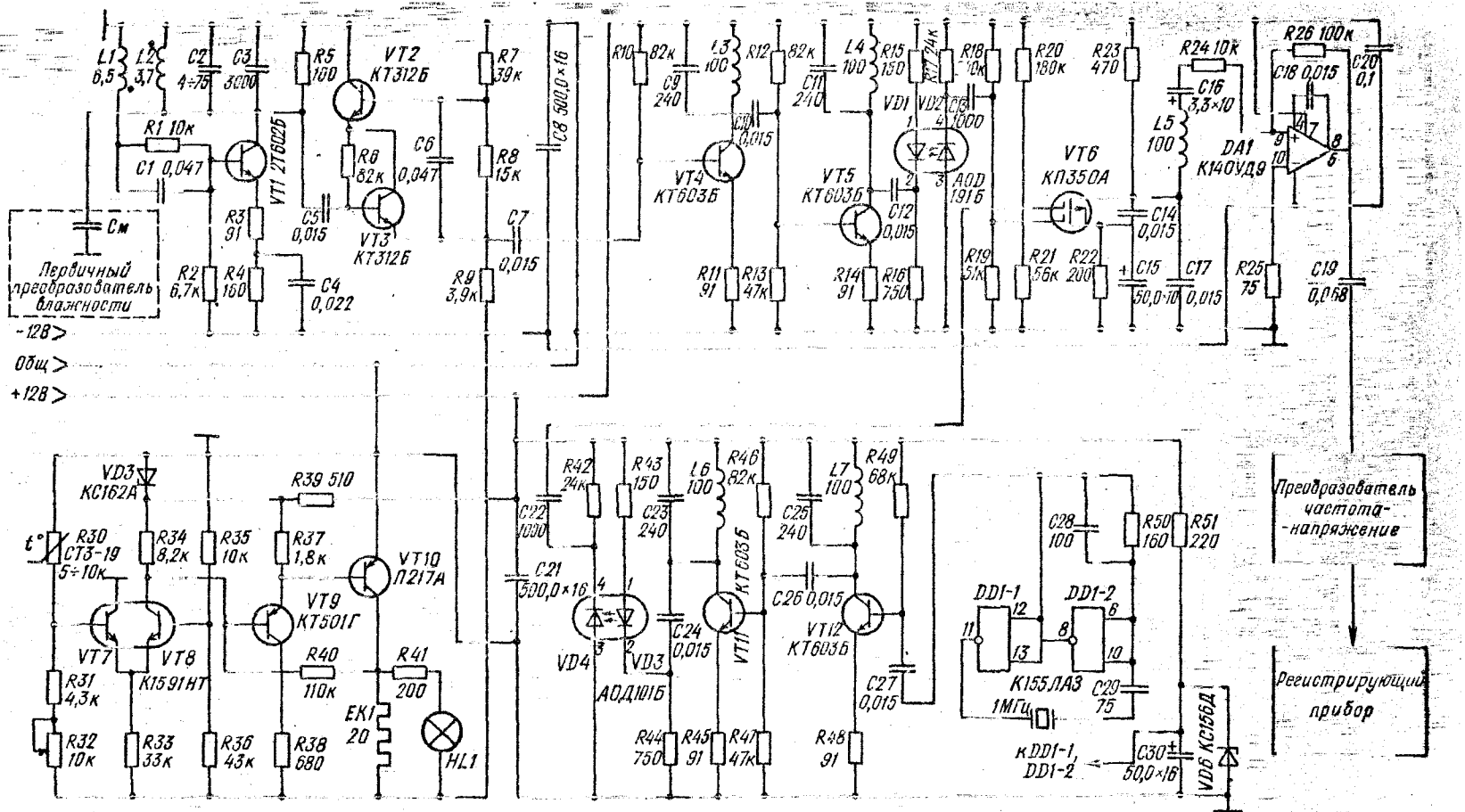


Рис.2. Принципиальная схема влагомера

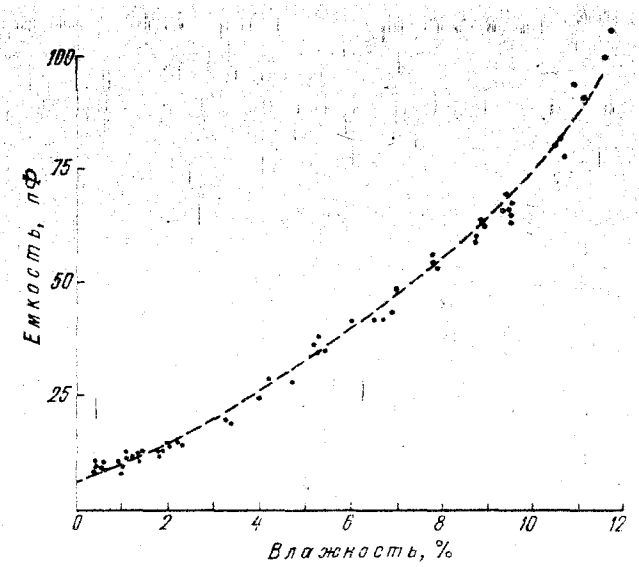


Рис.3. Градуировочная зависимость влагомера для апатитового концентрата

нические характеристики влагомера позволяют использовать его для широкого класса сыпучих материалов в различных отраслях народного хозяйства.

Работа влагомера заключается в следующем. При приведении емкостного первичного преобразователя в контакт с сыпучим материалом в колебательный контур измерительного генератора, выполненного на транзисторе *VT1* типа 2Т602Б, вносится электрическая емкость, соответствующая влажности контролируемой пробы. С измерительного генератора, частота которого является функцией влажности продукта, сигнал через эмиттерный повторитель на транзисторах *VT2-VT3* типа 2Т312Б, двухкаскадный усилитель на транзисторах *VT4-VT5* типа 2Т603Г и оптрон *VD1-VD2* типа АОД101А подается на один из входов двухзатворного полевого транзистора *VT6* типа 2П350Б, на котором реализован смесительно-детектирующий каскад. На второй вход полевого транзистора через двухкаскадный усилитель на транзисторах *VT7-VT8* и оптрон *VD3-VD4* типа АОД101А поступает сигнал с кварцевого опорного генератора, выполненного на микросхеме *DD1* К155ЛА3, представляющей из себя четыре элемента „И-НЕ", из которых используются два инвертора.

С выхода двухзатворного полевого транзистора сигнал, являющийся разностью частот измерительного и опорного генераторов, через масштабирующий каскад на операционном усилителе *DA1* типа К140УД9 поступает на блок преобразования разностной частоты в постоянное напряжение, выводимое на регистрирующий прибор.

Результаты испытаний разработанного высокочастотного влагомера показали возможность применения его в диапазоне влажности 0–11 % с погрешностью, не превышающей ±0,3 % абсолютных (рис.3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Е.С., Протопопов О.А. Сравнительный анализ чувствительности схем высокочастотной влагометрии. – Изв. вузов, Горный журнал, 1977, № 4.

2. Терехов В.П., Дикун С.Н. О выборе области спектра электромагнитных волн при измерении влажности продуктов горно-обогатительного производства. – Обогащение руд, 1984, № 3.

3. Терехов В.П., Дикун С.Н., Кричевский Е.С. Обзор отечественных средств измерения влажности минеральных удобрений. – Химическая промышленность, 1984, № 7.