

УДК 622.7 (088.8)

Б. М. Мамиконян, А. С. Шахмян, Х. Б. Мамиконян

Цифровой измеритель уровня и плотности пульпы

(Представлено академиком А. А. Терзяном 17/II 2003)

Измеритель предназначен для применения в технологическом процессе флотационного обогащения руд, где требуется непрерывный контроль уровня и плотности пульпы. В качестве чувствительных элементов использованы колокольные датчики (рис. 1), погруженные в контролируемую пульпу на различные глубины [1, 2]. Под воздействием гидростатического давления пульповоздушной смеси в подколокольных объемах воздуха образуются избыточные давления

$$P_1 = \rho g H; \quad P_2 = \rho g (H + H_k),$$

где ρ - плотность пульпы, кг/м^3 ; $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;
 H - текущее значение уровня пульпы над первым колокольным датчиком, м;
 H_k - межколокольное фиксированное расстояние, м.

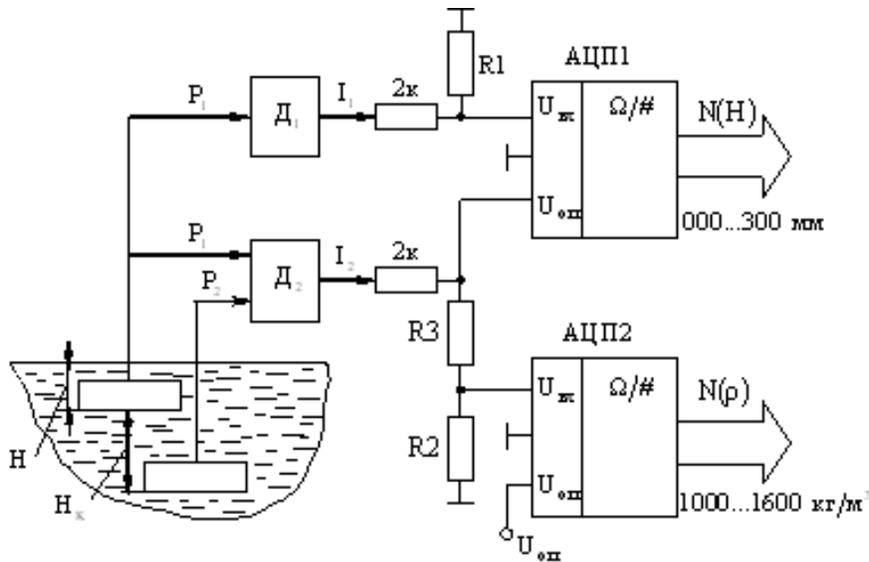


Рис.1. Принципиальная схема измерителя

Измеряемая плотность пульпы связана с разностью давлений выражением

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g H_k.$$

Давления P_1 и ΔP преобразуются в аналоговые электрические сигналы с помощью датчиков D_1 и D_2 , в качестве которых выбраны серийно выпускаемые унифицированные полупроводниковые тензорезисторные преобразователи типа Сапфир-22М [3]. Для разработанного измерителя исходными данными являются: максимальная высота пульпы - $H_m=0.3$ м, максимальная плотность пульпы - $\rho_m=1600$ кг/м³, межколокольное расстояние - $H_k=0.2$ м.

В этих условиях давление P_1 может достигать до 4.8 кПа, а разность давлений ΔP - до 3.2 кПа. Исходя из этого в качестве датчика D_1 использован датчик избыточного давления типа Сапфир-22М-ДИ модели 2130 с верхним пределом 6.0 кПа, а в качестве датчика D_2 - датчик разности давлений (дифманометр) типа Сапфир-22М-ДД модели 2420 с верхним пределом 4.0 кПа, оба с токовыми выходными сигналами 0-5 мА. Коэффициент преобразования датчика D_1 равен

$$K_{D1}=5 \text{ мА/6 кПа},$$

а его выходной ток

$$I_1=K_{D1}P_1=K_1\rho H, \quad (1)$$

где $K_1=K_{D1}g=5 \cdot 10^{-3} \cdot 9.81/6 \cdot 10^3=8.172 \cdot 10^{-6}$ Ам²/кг - коэффициент преобразования датчика D_1 по высоте H пульпы.

Следовательно, для определения высоты пульпы по формуле (1) необходимо иметь значение плотности.

Выходной ток датчика D_2 определяется выражением

$$I_2=K_{D2}\Delta P=K_2\rho, \quad (2)$$

где $K_{D2}=5 \text{ мА/4 кПа}$ - коэффициент преобразования датчика D_2 , $K_2=K_{D2}gH_k=2.453 \cdot 10^{-6}$ Ам²/кг - коэффициент преобразования датчика D_2 по плотности ρ пульпы.

Значения выходных токов датчиков в зависимости от значений уровня и плотности пульпы представлены в табл. 1 и 2.

С помощью резисторных делителей напряжения выходные токи датчиков преобразуются в напряжения для подачи на входы соответствующих АЦП. В качестве АЦП использованы микросхемы типа КР572ПВ2А, работающие по принципу двухтактного интегрирования, к выходам которых непосредственно

Таблица 1.

Значения тока I_1 , мА

ρ , кг/м ³	1300	1400	1500	1600
H, мм				
50	0,531	0,572	0,613	0,654
100	1,062	1,144	1,226	1,307
150	1,593	1,716	1,839	1,961
200	2,125	2,288	2,451	2,615
250	2,665	2,860	3,065	3,269
300	3,187	3,432	3,677	3,924

Таблица 2.

Значения тока I_2 , мА

ρ , кг/м ³	1300	1400	1500	1600
I_2 , мА	3,188	3,434	3,679	3,924

подключаются цифровые индикаторы на светоизлучающих диодах типа АЛС324Б (можно использовать также аналогичную микросхему АЦП типа КР572ПВ5А, предназначенную для работы с индикаторами на жидких кристаллах, например, с наиболее распространённым индикатором типа ИЖЦ5-4/8). Длина цифровой шкалы (максимальное число) равна 1999 (3.5 разряда). Микросхемы предназначены для измерения напряжения постоянного тока в диапазоне от -1.999 до +1.999 В. Исходя из заданных диапазонов измерения для уровня пульпы будет использовано три разряда, а для плотности - четыре разряда. Применение этих АЦП наиболее целесообразно, так как они имеют малые габариты и потребляемую мощность, могут обеспечить требуемые метрологические характеристики измерителя. Входное сопротивление АЦП более 20 МОм, цикл преобразования равен $\tau_{\text{пр}} = 16 \cdot 10^3 / f_{\text{T}}$, где f_{T} - частота тактовых импульсов устанавливается внешними элементами и в основном имеет значение $f_{\text{T}} = 50$ кГц; при этом $\tau_{\text{пр}} = 0.32$ с. Выходной код АЦП соответствует числу

$$N_x = 10^3 \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{он}}}, \quad (3)$$

где $U_{\text{вх}}$ - измеряемое напряжение, а $U_{\text{он}}$ - опорное.

В схеме (рис. 1) на вход АЦП2 подано напряжение

$$U_2 = I_2 R_2 = R_2 K_2 \rho. \quad (4)$$

Значение сопротивления резистора R_2 должно быть таким, чтобы при максимальном

значении плотности пульпы на цифровом табло получить число $N(\rho)_m=1600$. Принимая $U_{on}=0.1$ В, получим

$$R_2=10^{-3}N(\rho)_m U_{on}/I_{2m}=40.775 \text{ Ом.}$$

При этом максимальное напряжение на входе АЦП2 будет $U_{2m}=0.16$ В.

На вход АЦП1 подано напряжение

$$U_1=I_1 R_1=R_1 K_1 \rho H, \quad (5)$$

следовательно,

$$H=U_1/R_1 K_1 \rho.$$

Из полученного выражения следует, что для измерения H необходимо на входной зажим АЦП1 подать напряжение U_1 , а в качестве опорного напряжения использовать напряжение, пропорциональное плотности ρ . Это напряжение снимается с суммарного сопротивления (R_2+R_3) : $U_{on1}=I_2(R_2+R_3)$. В результате значение уровня на цифровом табло определится выражением

$$N(H)=10^3 I_1 R_1 / I_2 (R_2+R_3) = [10^3 K_1 R_1 / K_2 (R_2+R_3)] H.$$

Отношение коэффициентов $K_2/K_1=0.3$, следовательно,

$$10^{-3} N(H) = [R_1 / 0.3 (R_2+R_3)] H. \quad (6)$$

Значения сопротивлений резисторов определяются с помощью выражения (6) исходя из следующих соображений. При максимальных значениях $H_m=300$ мм, $\rho_m=1600$ кг/м³ выходные токи датчиков равны: $I_{1m}=I_{2m}$, и на цифровом индикаторе должна получиться цифра $N(H)_m=300$, следовательно, $300 \cdot 10^{-3} = R_1 / (R_2+R_3)$, т.е. $R_1=0.3(R_2+R_3)$. Для микросхем КР572ПВ2А $U_{вхm} \leq 2U_{on}$ и $U_{on} \leq 1$ В, поэтому должно быть $(R_2+R_3)I_{2m} \leq 1$ В, значит, $(R_2+R_3) \leq 250$ Ом. Выбираем $(R_2+R_3)=240$ Ом, в результате чего получаем $R_1=0.3 \cdot 240 = 72$ Ом; $R_3=240-40.775=199.225$ Ом. Все постоянные резисторы выбраны типа С2-29В (прецизионные резисторы с малым ТКС), с допуском $\pm 0.1\%$, а переменные - типа СП5-2В.

Схема электрических соединений измерителя представлена на рис.2. АЦП (DA1) и цифровой индикатор DD1 используются для измерения уровня, а АЦП (DA2) и цифровой индикатор DD2 - для измерения плотности пульпы. На измерительный вход АЦП1 (DA1) подается падение напряжения на резисторе R4, через который протекает выходной ток датчика D_1 избыточного давления. Входное напряжение АЦП2 (DA2) получается на резисторе R7, через который протекает выходной ток датчика D_2 разности давлений. С суммарного сопротивления $(R7+R8)$ снимается опорное напряжение АЦП1 (DA1). Резисторы R5 и R9 обеспечивают требуемые сопротивления нагрузки для датчиков Сапфир. Опорное напряжение $U_{on}=0.1$ В для АЦП2 получается на резисторе R6, входящем в плечо делителя

напряжения R10, R11, R6, подключенного к выходу внутреннего источника стабилизированного образцового напряжения АЦП2 (DA2). Резистор R7 выбран типа С2–29В–0.25–40.7 Ом ±0.1%–А. Части электрических соединений микросхем DA2 и DD2, аналогичные соединениям микросхем DA1 и DD1, условно не показаны. Внешние элементы, подключенные к микросхемам КР572ПВ2А, выбраны в соответствии с рекомендациями [4, 5].

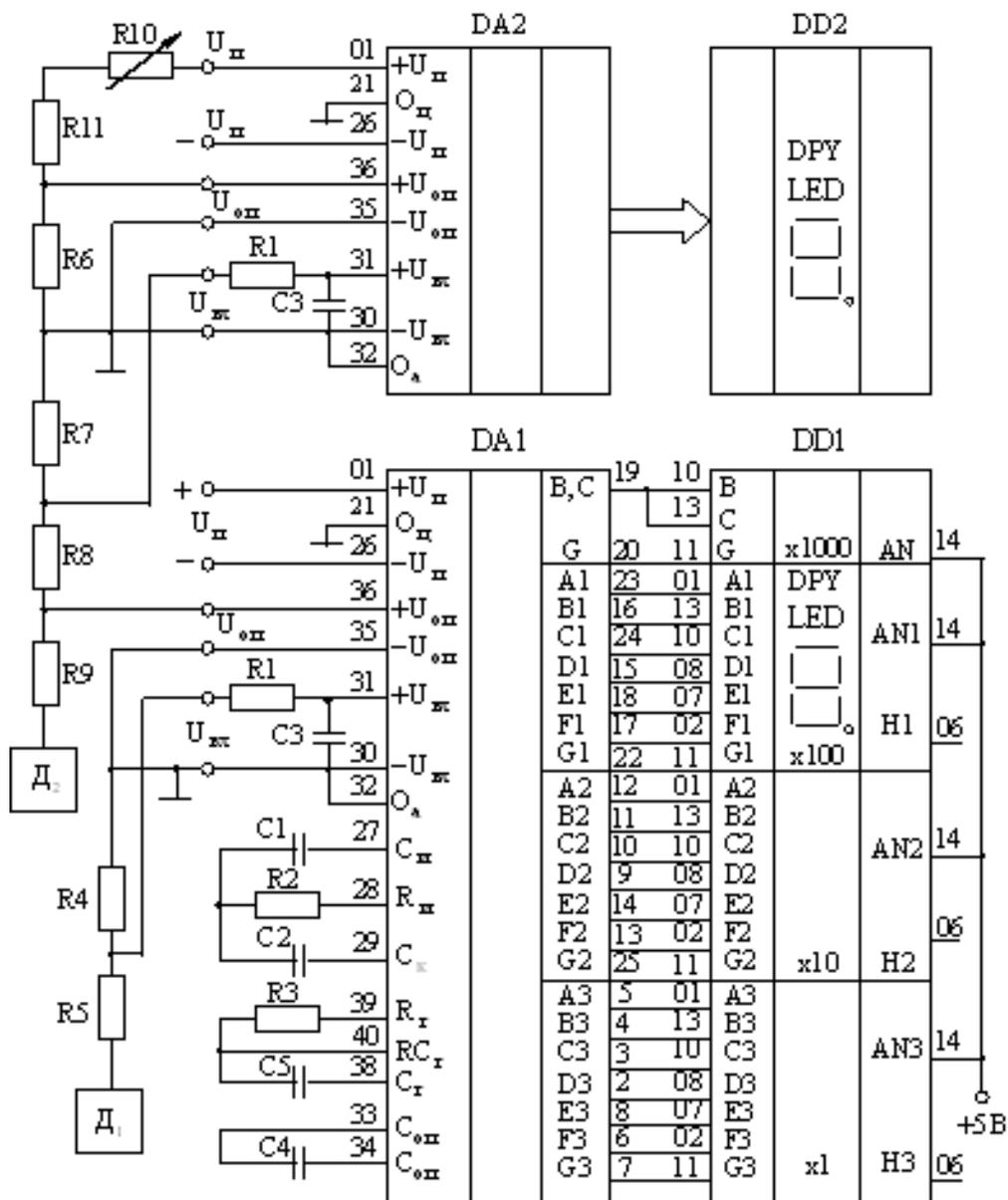


Рис.2. Схема электрических соединений измерителя

Погрешность измерения, обусловленная параметрами измерительной схемы (рис.2), зависит от погрешностей использованных резисторов и микросхем АЦП. Погрешность АЦП типа КР572ПВ2А в нормальных условиях ($t_{окр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$) не превышает ± 1 ед. счета, что

соответствует приведенной погрешности $\pm 0.05\%$ и для измеряемого уровня составляет ± 1 мм, а для плотности ± 1 кг/м³. Эта погрешность является аддитивной и имеет случайный характер с равномерным распределением. Дополнительная температурная погрешность в диапазоне температур от -20 до $+60^\circ\text{C}$ не превышает 1.5 ед. счета, а от изменения напряжения питания на $\pm 10\%$ дополнительная погрешность меньше 0.75 ед. счета.

В общем случае, считая погрешности АЦП случайными и независимыми, для суммарной погрешности в рабочих условиях эксплуатации при доверительной вероятности 0.9 получим

$$\Delta_{\text{пр}} \approx \sqrt{1^2 + 1.5^2 + 0.75^2} \approx 2 \text{ ед. счета.}$$

Составляющие погрешности, обусловленные использованными резисторами, зависят исключительно от отношений сопротивлений, поэтому дополнительной температурной погрешностью в данном случае практически можно пренебречь (ТКС резисторов типа С2-29В группы А не более $\pm 30 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$). Резисторы R4, R6, R7, R8, R11 - высокоточные, типа С2-29В группы А, с допуском $\pm 0.1\%$, а R10 - типа СП5-2В, поэтому можно принять, что погрешности входных и опорных напряжений обоих АЦП будут не более $\pm 0.1\%$, что соответствует ± 2 ед. счета при измерении ρ и ± 0.3 ед. счета при измерении Н. Следовательно, для предельных значений суммарных погрешностей измерения ρ и Н получим:

$$\Delta_{\rho} \approx \sqrt{2^2 + 2^2} \approx \pm 3 \text{ ед. счета или } \pm 3 \text{ кг/м}^3,$$

$$\Delta_{\text{Н}} \approx \sqrt{2^2 + 0.3^2} \approx \pm 2.5 \text{ ед. счета или } \pm 2.5 \text{ мм.}$$

Государственный инженерный университет Армении
Гюмрийский филиал ГИУА

Литература

1. Козин В. З., Троп А. Е., Комаров А. Я. Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках. Учебник для вузов. М. Недра. 1980. 336 с.
2. Микропроцессорный локальный регулятор-датчик уровня пульпы МИЛОР - Д/УП2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации К003.000.000.ТО. АН СССР, Центр автоматизации процессов управления в народном хозяйстве. Капанское научно-производственное отделение. Капан. 1998. 40 с.
3. Иордан Г. Г., Юровский А. Я., Смирновский А. Г., Сердюков В. И.- Приборы и системы управления. 1990. №11. С. 27-30.
4. Федорков Б. Г., Телец В. А.- Микросхемы ЦАП и АЦП. М. Энергоатомиздат. 1990. 320 с.
5. Бирюков С. - Радио. 1998. №8. С. 62-65.

Բ. Մ. Մամիկոնյան, Ա. Ս. Շաղգամյան, Խ. Բ. Մամիկոնյան

Խյուսի մակարդակի և խտության թվային չափիչ

Մշակված չափիչը նախատեսված է մոլիբդենի հանքանյութի հարստացման տեխնոլոգիական գործընթացում խյուսի մակարդակի և խտության անընդհատ հսկողության համար: Չափիչում օգտագործված է խտության չափման պիեզոմետրիկ եղանակը, որը հիմնված է հսկող խյուսի տարբեր բարձրություններ ունեցող երկու կետերում ճնշումները չափելու և դրանց տարբերության միջոցով խտությունը որոշելու վրա: Միաժամանակ որոշվում է նաև խյուսի մակարդակը: Չափվող ճնշումները կերպափոխվում են էլեկտրական ազդանշանի տենզոռեզիստորային կերպափոխիչների միջոցով: Չափիչում օգտագործված է ախալանքների շտկման լոգոմետրական մեթոդը:

Բերված է չափիչի տարրերի ընտրության և հաշվարկի մեթոդիկան, ներկայացված են չափաբանական բնութագրերի հետազոտության տեսությունը և արդյունքները: