

где ϵ_T , ϵ_0 — коэффициенты относительной износостойкости соответственно твердого сплава и основного металла.

Разработанная технология изготовления почворежущих деталей с биметаллическим профилем режущей части, в отличие от монометаллической конструкции, позволяет сохранить стабилизированный профиль с углом резания не более 30°C. Монометаллические почворежущие профили из углеродистых сталей, как однородных, так и неоднородных по сечению по твердости, не дают положительного результата в обеспечении самозатачивания в абразивной среде. Это объясняется тем обстоятельством, что относительная абразивная и износостойкость закаленного слоя углеродистых сталей даже при твердости 60...65HRC, недостаточно для достижения его направленного износа и обеспечения стабильной работоспособности режущей кромки.

УДК 681.122.089.6

А.Н. Карташевич, Л.А. Чернобай, В.В. Лисовский, А.Л. Чернобай

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СЛУЧАЙНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ГАЗА

*Белорусский государственный аграрный технический университет
Минск, Беларусь*

Проблема повышения точности промышленного учета расходования газа, в связи с постоянным повышением мировых цен на энергоносители, является весьма актуальной для всех отраслей народного хозяйства. Из всех разработанных в Республике счетчиков газа, наиболее точными и совершенными являются ультразвуковые, возможности повышения метрологических характеристик которых еще далеко не исчерпаны.

В настоящей работе описывается аппаратно-программный комплекс для определения случайной составляющей относительной погрешности при измерении контрольных объемов ультразвуковыми счетчиками. Данные счетчики измеряют объем газа, протекающего через мерный участок первичного преобразователя, путем измерения разности времени ДТ при зондировании акустическим импульсом по и против потока. Систематическая составляющая задержка ультразвукового сигнала относительно момента излучения выражается в виде:

$$t_{\text{зад}} = \frac{L}{c \pm v} + \tau_{\text{за}}, \quad (1)$$

где: c — скорость распространения ультразвука в среде в момент излучения; v — скорость потока газа; $\tau_{\text{за}}$ — суммарная составляющая задержки при преобразовании элек-

троакустического сигнала и обратного преобразования сигнала, задержка сигнала в электронном блоке схемы измерения.

Случайная составляющая задержки сигнала для стационарных условий (поток газа постоянный, параметры газовой среды не изменяются в процессе измерения), определяется шумовой и помеховой составляющими акустического и электрического сигнала. Это случайная составляющая может рассматриваться как узкополосный нормальный процесс, имеющий мощность y_w^2 . Дисперсия случайной фазы суммы детерминированного сигнала с амплитудой b и узкополосного нормального процесса согласно [1] равна:

$$\sigma_\varphi^2 = \frac{\pi^2}{3} + 4\pi \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{\alpha_k}{k^2}, \quad (2)$$

где
$$\alpha_k = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{k}{2}\right) S^k}{\pi k 2^{k/2}}; F_1\left(\frac{k}{2}, k+1, -\frac{S^2}{2}\right)^S, \quad \sigma = \frac{\alpha^2}{\sigma_w^2},$$

$\Gamma\left(1 - \frac{k}{2}\right)$ — гамма-функция;

$F_1\left(\frac{k}{2}, k+1, -\frac{S^2}{2}\right)$ — гипергеометрическая функция.

При $S \gg 1$, что отвечает условиям измерений, $\sigma_\varphi^2 \approx \frac{1}{S^2} = \frac{\sigma_w^2}{\alpha^2}$.

Амплитуда сигнала в момент пересечения нулевого уровня может быть определена, как полусумма амплитуд первой отрицательной полуволны α_- , пересекающей порог и последующей положительной α_+ , т.е.: $a = 0.5(a_- + a_+)$.

Учитывая, что случайная составляющая фазы σ_φ в пределах $[0; 2\pi]$ эквивалентна случайной составляющей задержки $\sigma_t = \sigma_\varphi / 2\pi f_0$, вышеприведенные выводы справедливы для определения σ_t :

$$\sigma_t = \left(\frac{1}{2\pi f_0}\right)^2 \frac{\sigma_w^2}{\alpha^2}.$$

Известно [2], что при квантовании случайной величины, истинные моменты квантовых случайных величин могут быть определены с помощью поправок Шепарда, а именно:

$$\sigma_{t_w}^2 = \sigma_t^2 + \Delta t^2 / 12, \quad (3)$$

где $\sigma_{t_w}^2$ — дисперсия квантованной величины t ; Δt — шаг квантования.

За время t прохождения потока газа через испытываемый счетчик производится $2N$ отсчетов по и против потока. Дисперсия суммы разностей отсчетов по и против потока при этом, равна:

$$\sigma_{2N}^2 = 2N\sigma_{t_w}^2 = 2N \left[\sigma_t^2 + \frac{\Delta t^2}{12} \right] = 2N \left[\left(\frac{1}{2\pi f_0} \right)^2 \frac{\sigma_w^2}{\alpha^2} + \frac{\Delta t^2}{12} \right], \quad (4).$$

где: $t = T_0 N$, $a T_0$ — период цикла зондирования по и против потока в счетчике.

Исходя из этих выражений, случайная составляющая погрешности измерения детерминированного временного интервала ΔT равна:

$$S = \sqrt{\frac{2N \left[\left(\frac{1}{2\pi f_0} \right)^2 \frac{\sigma_w^2}{\alpha^2} + \frac{\Delta t^2}{12} \right]}{N^2 \Delta T^2}} = \frac{1}{\Delta T} \sqrt{\frac{2 \left[\frac{\sigma_w^2}{(2\pi f_0)^2 \alpha^2} + \frac{\Delta t^2}{12} \right]}{N}}, \quad (5).$$

Задавая величину S для счетчиков с известными характеристиками s_w, a, f_0, Dt, T_0 , можно определить требуемое время измерения временного интервала T на каждом расходе с заданной точностью.

В качестве примера рассмотрим ультразвуковой счетчик СГУ с параметрами: $a = 1.6$ в; $a_+ = 2.2$ в; $s_w = 0.01$ в; $T_0 = 3.75$ сек; $f_0 = 1 \cdot 10^5$ Гц и рассчитаем время, необходимое для получения случайной составляющей погрешности $S = 1\%$ для расхода 0.04 м³/ч для мерных участков с диаметрами 19, 13, 8 мм. Для мерных участков разность времени распространения ДТ на данном расходе составляет (90, 192, 508) Нсек.

$$T = \left(\frac{7.5 \left[\frac{\sigma_w^2}{(2\pi f_0 a)^2} + \frac{\Delta t^2}{12} \right]}{S^2} \right) \frac{1}{\Delta T^2};$$

$$T = \left(\frac{7.5 \left[\frac{1 \cdot 10^{-4}}{(6.28 \cdot 10^5 \cdot 1.9)^2} + \frac{(2.5 \cdot 10^{-8})^2}{12} \right]}{(0.01)^2} \right) \frac{1}{\Delta T^2};$$

$$T = 9.15 \cdot 10^{-12} \frac{1}{(\Delta T)^2};$$

$$\text{Для мерного участка } \varnothing 19 \text{ мм } T = 9.15 \cdot 10^{-12} \frac{1}{(9 \cdot 10^{-8})^2} = \frac{9 \cdot 15}{0.81} \cdot 10^2 = 1129 \text{ сек};$$

При этом объем проходящий через счетчик $V = 12.5$ дм³

$$\text{Для мерного участка } \varnothing 13 \text{ мм } T = 9.15 \cdot 10^{-12} \frac{1}{(1.92 \cdot 10^{-7})^2} = \frac{9 \cdot 15}{3.68} \cdot 10^2 = 248 \text{ сек};$$

При этом объем проходящий через счетчик $V = 2.75$ дм³

$$\text{Для мерного участка } \varnothing 8 \text{ мм } T = 9.15 \cdot 10^{-12} \frac{1}{(0.508 \cdot 10^{-6})^2} = \frac{9 \cdot 15}{0.258} \cdot 10^2 = 35 \text{ сек};$$

Для данной точности контрольный объем соответствует $V = 0.4$ дм³.

Оценим случайную составляющую погрешности при пропускания через исследуемый счетчик контрольного объема 5 дм³ при расходе 0.04 м³/ч.

При этом время измерения составит 450 сек и соответственно количества циклов измерения $N=120$.

$$1. \text{ Для диаметра мерного участка } \varnothing 19 \text{ мм } S = \frac{1}{9 \cdot 10^{-8}} \sqrt{\frac{2}{120} \cdot 1.22 \cdot 10^{-16}} = 0.0155$$

$$2. \text{ Для диаметра мерного участка } \varnothing 13 \text{ мм } S = \frac{1 \cdot 0.142 \cdot 10^{-8}}{1.92 \cdot 10^{-7}} = 0.0073$$

$$3. \text{ Для диаметра мерного участка } \varnothing 8 \text{ мм } S = \frac{1 \cdot 0.142 \cdot 10^{-8}}{5.08 \cdot 10^{-7}} = 0.0028$$

Для проверки данных соотношений и проверки сходимости показаний счетчика (по среднеквадратичному отклонению), разработан аппаратно-программный комплекс.

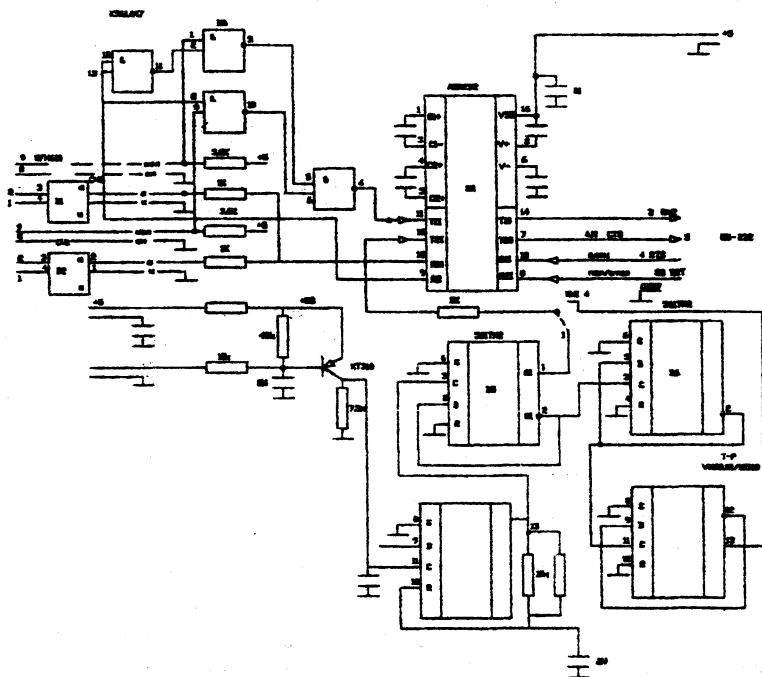


Рис. 1. Схема структурная принципиальная

В состав комплекса входит плата сопряжения, приведенная на рис.1, и программа обработки «Каунас». В состав данной платы входят схемы оптоэлектронной развязки D_1, D_2 , через которую подключаются в зависимости от уровня сигнала DTR, поочередно два испытуемых счетчика через согласующий элемент D_3 к порту COM2 компьютера. Эталонный счетчик типа СГУ 001 при этом подключается с

COM1 данного компьютера. При использовании эталонного барабанного (типа EP-2) счетчика с импульсным выходом, выходной сигнал (частота которого пропорциональна установленному расходу), поступает через согласующие элементы T_1 , D_3 , D_n на вход CTS порта COM2.

Работа устройства производится следующим образом. С помощью регулятора расхода устанавливается требуемый расход при этом величина расхода контролируется на экране монитора компьютера затем устанавливается величина контрольного объема, падения давления, на каждом счетчике и количество проходов ($n=7\pm 1$) и запускается цикл измерений. После окончания цикла измерений на мониторе индицируется суммарная таблица (рис.2), где отображаются относительные погрешности двух испытываемых счетчиков для каждого прохода, и среднеквадратичные отклонения для данного цикла измерений.

Случайная составляющая погрешности определяется при этом путем умножения определенного СКО на коэффициент Стьюдента t_{α} .

Шаг	Q	Среднее	Сред. квадрат.	Усл.	Усл.	Среднее	Усл.	Среднее	
1	0,100	364,00	0,00	0,0430	0,0400	-0,03	0,0410	-0,12	
2	0,099	364,00	263,06	0,0240	0,0080	-0,18	0,0090	-0,18	
3	0,099	364,00	785,11	0,0120	0,0400	-0,18	0,0470	-0,05	
4	0,098	360,04	1089,17	0,0090	0,7410	-0,20	0,7130	-0,07	
5	0,097	360,00	1454,23	0,0740	0,7030	0,18	0,6380	0,03	
6	0,096	360,00	1818,29	0,0810	0,0000	0,02	0,0710	-0,16	
7	0,095	360,04	2179,24	0,0920	0,0700	-0,15	0,0710	-0,18	
8	0,095	364,04	2541,40	0,0560	0,0000	-0,04	0,0070	-0,09	
9	0,094	360,00	2904,46	0,1100	0,0000	-0,17	0,0000	0,06	
10	0,093	360,00	3267,52	0,0420	0,0000	-0,10	0,0000	-0,10	
11	0,094	360,04	3630,57	0,0600	0,0710	-0,16	0,0700	-0,18	
СКО1 = -0,10		СКО2 = -0,13							
СКО1 = 0,11		СКО2 = 0,17							

С помощью данного устройства можно проводить сравнительные испытания различных типов ультразвуковых счетчиков, выбирать время поверки данных счетчиков с целью достижения требуемой, согласно методике поверки точности, проводить калибровку испытываемых счетчиков. Выше приведенные соотношения справедливы при условии что шумовая составляющая сигнала обусловлена узкополосным нормально распределенным процессом. Измеряя с помощью данного комплекса СКО можно сделать выводы об отличии распределения шумовой составляющей от нормального т.е. имеется ли когерентная помеха в сигнале исследуемого счетчика, при наличии которой усреднение по времени измеряемой разности времен прихода для получения требуемой точности малоэффективно.

Данный аппаратно-программный комплекс использовался при калибровке эталонных счетчиков типа СГУ 001 на поверочных установках Ивано-Франковского

центра стандартизации и Литовского энергетического института (г. Каунас). Данная система позволяет автоматически проводить расчет результатов калибровки с распечаткой протоколов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б.Р. Статическая радиотехника.— М.: Сов. Радио, 1974, т.1, — 344с.
2. Крамер Г.В. Математические методы статистики.,- М.: Ин. Лит., — 1948. —278с.

УДК 621.723

Л. М. Кожуро , Ж. А. Мрочек, А. В. Миранович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ

*Белорусский национальный технический университет,
Белорусский государственный аграрный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Актуальной задачей ремонтного производства является повышение надежности и срока службы деталей машин и механизмов, снижение затрат на их восстановление и ремонт. Решение этой задачи обеспечивается созданием новых и совершенствованием существующих технологических способов, позволяющих получать требуемые эксплуатационные свойства рабочих поверхностей деталей.

Одним из направлений интенсификации процессов восстановления и упрочнения является использование различных способов наплавки, основанных на применении энергии электродуговых разрядов, обеспечивающих формирование покрытий наибольшей толщины при малых расходах наплавочных материалов.

Эффективным и простым способом нанесения износостойких покрытий является электромагнитная наплавка (ЭМН), позволяющая реализовать в едином технологическом цикле восстановление геометрических размеров и увеличение долговечности поверхностей деталей [1].

Известно [2], что в качестве устройств для поддержания магнитного поля в рабочем зазоре, реализующих ЭМН, в основном использовались магниты на выпрямленном или переменном (пульсирующем) токе, которые позволяли получать периодически изменяющуюся во времени величину магнитной индукции

$$B = B_m \sin \omega t, \quad (1)$$