

С.И. ЧЕРВОНЫЙ, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ",
Г.В. ГЕЙКО,
Н.А. ПЛЯШЕЧНИКОВ

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛА В ВИХРЕВЫХ ПОТОКОИЗМЕРИТЕЛЯХ

Основная идея уточнения показаний вихревого потокоизмерителя заключается в использовании системы фазовой автоподстройки частоты уже после формирования импульсов от датчика вихребразователя. Учитывая специфику сигнала от датчика (прямоугольные импульсы), предлагается новый алгоритм автоподстройки частоты, который имеет ряд достоинств и учитывает свойства микроконтроллеров.

Ключевые слова: фазовая автоподстройка частоты, микроконтроллер, вихревой потокоизмеритель.

Постановка проблемы. Система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) может выполнять роль следящего фильтра, который отслеживает требуемый параметр входного сигнала. Это должно исключить влияние внешних источников кратковременных или нестационарных помех на показания прибора. Есть у системы ФАПЧ и существенные недостатки, например, возможно отслеживание кратной частоты. Из [1] известно, что в вихревых потокоизмерителях частота вихрей при снижении скорости уменьшается вместе с более существенным уменьшением амплитуды сигнала датчика. Для реализации системы ФАПЧ со свойствами, отличными от свойств и недостатков аналоговой системы ФАПЧ, в целях более гибкого управления его свойствами и снижения энергопотребления целесообразно использовать недорогой микроконтроллер. Однако, после проведенных исследований стали видны недостатки подобной реализации: дорогие микроконтроллеры из-за малого быстродействия не могут покрыть необходимый диапазон частот. Такая задача (эмулирование аналоговой системы ФАПЧ) больше подходит для цифровых сигнальных процессоров (DSP), которые, в свою очередь, стоят дорого и требуют значительного усложнения схемы прибора. Существует и другая, более важная проблема: аналоговая система ФАПЧ в силу своей природы не всегда сможет адекватно среагировать на скачкообразное изменение скорости потока (и, соответственно, прибор учтёт неверный объём учётного вещества).

Анализ литературы. В настоящее время хорошо себя зарекомендовали расходомеры марки YOKOGAWA. В этих расходомерах используется SSP-фильтр, который непрерывно анализирует вибрацию и состояние среды внутри расходомера и автоматически подстраивает режимы обработки сигнала [2]. В работе [3] делается акцент на то, что так как связь частоты со скоростью потока вихревого потокоизмерителя не совсем линейная, то традиционный

метод калибровки даёт дополнительную ошибку, что сказывается на снижении точности измерений. Чтобы избежать этой ошибки, авторы предлагают использовать новый метод калибровки, основанный на интеллектуальной оптимизации алгоритмов. А именно, используют нейронную сеть для моделирования характеристики вихревого потокоизмерителя. В работе [4] предлагается для обработки сигналов в вихревом потокоизмерителе использовать спектральный анализ, применение которого намного эффективнее, чем применение стандартных методов измерения, что подтвердили проделанные эксперименты. В своей статье [5] авторами предложен вихреобразователь нового типа, который способен создавать различные виды устойчивых вихрей при низкой скорости потока. Результаты экспериментов, приведенные в статье [6], показывают, что метод обработки сигнала в вихревом потокоизмерителе, базирующийся на использовании нейронной сети, может значительно уменьшить шум, и, таким образом, понизить погрешность измерения. В работе [7] предлагается использовать цифровую обработку сигнала, основанную на объединении метода элементарной волны и статистического метода. Эта идея доказала свою состоятельность при обработке зашумленных сигналов. В работе [8] представлены результаты применения оптического метода получения информации в вихревых расходомерах. Задачей исследований работы [8] является оценка влияния двух геометрических параметров оптической части расходомера на отношение сигнал/шум и выбор их оптимальных значений. Однако, ни в одной из вышеприведённых работ не решена удовлетворительно проблема подавления шумов и фазовой автоподстройки частоты.

В связи с этим, **целью исследований** является разработка алгоритма автоподстройки частоты, который позволит избавиться от таких недостатков системы ФАПЧ, как режим отслеживания кратной частоты или не вхождение в режим отслеживания вообще.

Для максимальной загрузки микроконтроллера с него снята задача непосредственно счета импульсов от датчика и переложена на отдельный счетчик. Один раз за некоторый промежуток времени микроконтроллер считывает значение со счетчика (которое есть ни что иное, как средняя скорость потока вещества за единицу времени). В дальнейшем это значение участвует в вычислении оценки математического ожидания и дисперсии потока. Стабильность потока (отсутствие помех) определяется по оценке дисперсии потока. В предложенном варианте дисперсия вычисляется по двум (D_1) и десяти (D_2) последним значениям. Решение о нестабильности потока принимается, если D_1 превышает некоторый допустимый предел. Решение о стабильности – если D_1 и D_2 не превышают данный предел.

Оценка математического ожидания скорости потока ($M[x]$) вычисляется только в том случае, если поток стабилен. Для ускорения реакции прибора на изменение скорости потока $M[x]$ после каждой стабилизации начинает вычисляться заново.

Для вычисления оценки M используется следующая формула:

$$M[x] = \frac{M_{\text{ст}}[x] \cdot N + X}{N + 1}, \quad (1)$$

где $M_{\text{ст}}[x]$ – ранее вычисленная оценка; X – вновь поступившее значение от счетчика; N – количество значений, по которым вычислено $M_{\text{ст}}[x]$.

Объём вещества, измеренного датчиком, вычисляется по формуле:

$$V = V_0 + s \int_t^{\Delta t} M[x] dt, \quad (2)$$

где s – площадь поперечного сечения трубы; Δt – период времени, за который происходит снятие данных со счётчика.

Использование оценки $M[x]$ позволяет вычислить данный интеграл с достаточной точностью даже с помощью аппроксимации прямоугольниками, что также имеет большое значение для разгрузки микроконтроллера. В случае принятия решения о нестабильности потока вычисление математического ожидания скорости потока прекращается и для вычисления V используется старая оценка. Вместо этого ведется подсчет количества тактов, на протяжении которых поток был нестабилен. До выхода на стабильный режим ведется подсчет объема по формуле (2), а после выхода, если стабилизация произошла на скорости $M_{\text{нов}}[x]$, отличной от $M_{\text{ст}}[x]$, вычисленный объем корректируется по формуле

$$V = V_0 + s \int_0^{\Delta t} (M_{\text{нов}}[x] - M_{\text{ст}}[x]) t dt, \quad (3)$$

которая является ничем иным как линейной интерполяцией изменяющейся скорости потока.

Графически работу устройства можно описать так, как представлено на рис. 1 – 3. На рис. 3 представлен график функции $(\Phi[t])$, отображающий реакцию алгоритма на изменение входного потока.

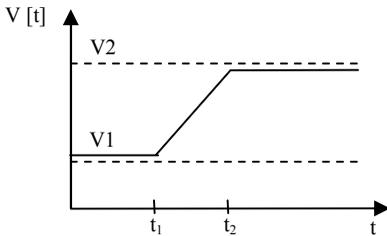


Рис. 1

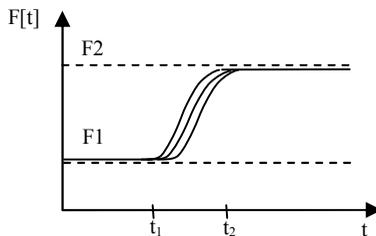


Рис. 2

На рис. 1 показан график изменения скорости потока $(V[t])$, а на рис. 2 изображён график поведения частоты импульсов $(F[t])$ на выходе системы ФАПЧ (с разной инерционностью).

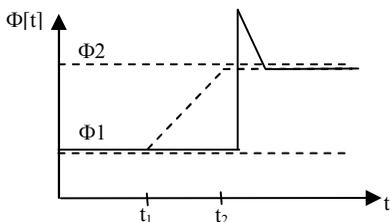


Рис. 3

Выводы. Для обработки сигналов в вихревом потокоизмерителе может быть использован алгоритм, основанный на применении системы ФАПЧ, который позволит избавиться от таких недостатков системы ФАПЧ, как режим отслеживания кратной частоты или не вхождение в режим отслеживания вообще.

Список литературы: 1. Бакай А.С., Сигов Ю.С. Многоликая турбулентность. – М.: Знание, 1989. – С. 3 – 12. 2. Technical Information, Model DY Vortex Flowmeter, Yokogawa Electric Corporation, Copyright May 2001 (<http://www.yokogawa.com>). 3. Yi Yan, Huifeng Wu. An Improved Intelligent Calibration Method for Vortex Flowmeter // American Control Conference. – 2007. – ACC'07 – P. 2927 – 2931. 4. Ke-Jun Xu, Yun-Zhi Huang, Xun-Hong Lv. Power-spectrum-analysis-based signal processing system of vortex flowmeters // IEEE. – 2006. – Vol. 55. – P. 1006 – 1011. 5. Zhu Xuli, Lin Hui. Design and Numerical Simulation of a Novel Vortex Generator // Electronic Measurement and Instruments. – 2007. – ICEMI'07. – P. 2396 – 2399. 6. Liying Zheng, Kai Tian. A Vortex Signal Processing Method Based on Wavelet Neural Network // Computer and Computational Sciences. – 2006. – IMSCCS'06. – P. 288 – 289. 7. Hong-Jun Sun, Tao Zhang. Digital signal processing based on wavelet and statistics method for vortex flowmeters // Machine Learning and Cybernetics. – 2004. – Vol. 5 – P. 3160 – 3163. 8. Baszak J., Jablonski R. Optimization of laser vortex flowmeter parameters // Avtometriya. – 2004. – № 5. – Vol. 40 – P. 12 – 20.

УДК 519.24

Побудова алгоритму обробки сигналу у вихрових потоковимірювачах / Червоний С.Й., Гейко Г.В., Пляшечников М.А. // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – № 24. – С. 189 – 192.

Основна ідея уточнення показань вихрового потоковимірювача полягає у використанні системи фазового автоматичного підстроювання частоти вже після формування імпульсів від датчика. З огляду на специфіку сигналу від датчика (прямокутні імпульси), пропонується новий алгоритм автоматичного підстроювання частоти, який має низку переваг і враховує властивості мікроконтролерів. Л.: 3. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: фазове автопідстроювання частоти, мікроконтролер, вихровий потоковимірювач.

UDC 519.24

Building of signal processing algorithm for vortex flowmeter / Chervonnyy S.I., Geyko G.V., Plyashechnikov M.A. // Herald of the National State University "KhPI". Subject issue: Information science and modelling. – Kharkov: NSU "KhPI", 2008. – № 24. – P. 189 – 192.

The main idea to improve accuracy of vortex flowmeter output data is to use the system of the phase automatic turning the frequency already after shaping pulse from sensor. Considering specifics of sensor signal (square-wave pulses), we propose new automatic frequency turning algorithm, which has some advantages and takes into account features of microcontrollers. Figs: 3. Refs: 8.

Keywords: phase-locked loop, microcontroller, vortical flow measuring device.

Поступила в редакцію 05.05.2008