

СИГНАЛИЗАТОР КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ПЫЛЕВЫХ СРЕД

Т.В. Патрушева

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Для решения технической задачи обнаружения слабых сигналов в фотоэлектрическом датчике контроля уровня пылевых сред, предлагается сигнализатор с высокой помехоустойчивостью, за счёт использования в нём неавтономного генератора хаоса.

Ключевые слова: сигнализатор уровня сред, фотоэлектрический датчик, MLC-цепь, слабый сигнал, хаотические колебания.

В настоящее время для нужд пищевой и химической промышленности выпускается большое разнообразие сигнализаторов уровня пылевых сред и гранулированных материалов. Наибольшее распространение получили сигнализаторы основанные на вибрационном, флажковом и рефлексном методе контроля. Условия эксплуатации сигнализаторов в промышленном производстве являются тяжёлыми. К тяжёлым факторам относятся следующие: вибрации и промышленные шумы, высокие температуры, запылённость, механическое воздействие на чувствительный элемент, агрессивные среды [1, 2]. В тоже самое время использование оптических датчиков ограничивается лишь контролем уровня чистых жидкостей [3, 4]. Действительно, в условиях высокой запылённости, весьма сложно рассчитывать на надёжность работы фотоэлектрического датчика в связи со значительным ослаблением светового луча и полезного сигнала при прохождении над контролируемой средой.

Для решения подобного рода технических задач обнаружения слабых сигналов существуют разнообразные подходы, состоящие в особой схемной обработке основного рабочего сигнала датчика, вплоть до применения сигнальных микропроцессоров с цифровой обработкой сигналов.

Применением для таких условий датчиков использующих шумоподобные сигналы, должно обеспечить повышение помехоустойчивости. Использование широкополосной несущей для связи в радиотехнике давно известно, также отмечены достоинства данного подхода.

Предлагаемый сигнализатор уровня обладает помехоустойчивостью на физическом уровне за счёт использования в нём неавтономного генератора хаоса.

Основу предлагаемого сигнализатора представляет собой фотоэлектрический датчик диффузного типа на излучение-прием с расположением элементов оптопары с одной стороны (рисунок 1).

В непрозрачном корпусе 1 установлены независимые ИК - светофильтры 2 для излучателя 3 с периодической модуляцией и фотоприёмника 4. Связь излучателя и фотоприёмника на ИК-лучах обеспечивается за счёт рассеивания пылевыми частицами 6, свободно взвешенными в воздухе над уровнем контролируемого вещества 5. Также, в отражении участвует стенка емкости, противоположная той, на которой установлена оптопара (на рисунке не показана). Полученный фотоприёмником 4 сигнал подаётся в схему обработки. В случае если уровень вещества перекрывает фотоприёмник, его выходной сигнал существенно уменьшается до уровня шумов темнового тока. Использование ИК-диапазона предполагается для контроля уровня веществ с высокой проникаемостью, что улучшает передачу сигналов при налипании вещества на светофильтры.

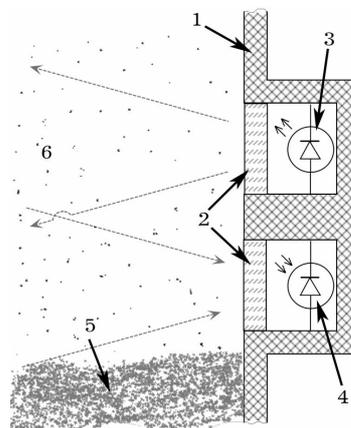


Рисунок 1 – Конструкция фотоэлектрического датчика диффузного типа

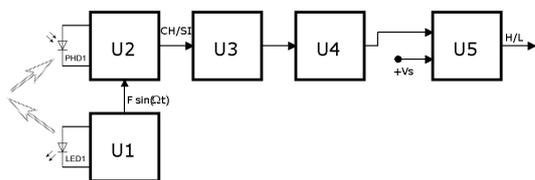


Рисунок 2 – Структурная схема сигнализатора уровня

Среди множества уникальных свойств генераторов детерминированного хаоса стоит выделить устойчивость режимов их работы к внешним шумовым воздействиям. Это их свойство может быть использовано для обнаружения гармонических сигналов на фоне многократно превосходящих их шумов [5, 6].

Хаотический сигнал имеет широкополосный спектр шумоподобного вида, в то время как периодические колебания имеют главный максимум на частоте колебания и на частотах высших гармоник. По состоянию спектра выходных колебаний генератора хаоса определяется присутствие контролируемого вещества.

Общая структурная схема сигнализатора приведена на рисунке 3. Она включает генератор синусоидальных колебаний U1, являющийся опорным для генератора хаоса U2. Генератор U1 также выполняет модуляцию светового потока светодиода LED1, который принимается фотодиодом PHD1. Принятый фотодиодом PHD1 сигнал подаётся в цепь генератора хаоса U2, режим работы которого настроен так, чтобы позволить обнаруживать даже слабые на фоне шумов периодические сигналы. Для случая, когда световой поток перекрыт контролируемым веществом, динамика U2 – хаотическая, если уровень вещества ниже фотодиода – периодическая. Схема обработки хаотического сигнала базируется на спектральном подходе. Предполагается, что хаотическое движение, являющееся суммой субгармонических колебаний разных периодов, будет иметь шумоподобный спектр, в то время как периодические колебания имеют спектр в виде одиночных составляющих, соответствующих основному периоду колебаний и всех высших гармоник. Полоса пропускания фильтра U3 должна соответствовать в пределах 1/3-1/2 от частоты опорного генератора Ω , при этом на частоте генератора Ω должно обеспечиваться как можно более сильное подавление. Далее, отфильтрованный сигнал детектируется в U4 и подаётся на вход компаратора U5, где по сравнению с

фиксированной величиной выдаётся логический сигнал соответствующий хаосу либо периодическим колебаниям.

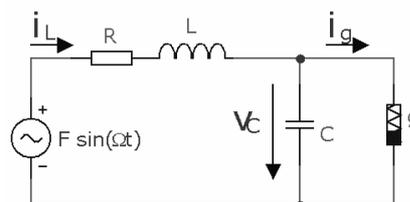


Рисунок 3 – MLC – цепь

В качестве генератора хаоса может быть использована практически любая неавтономная колебательная система, демонстрирующая сложную динамику [7, 8], например MLC-цепь [9] (рисунок 3).

Цепь Murali-Lakshmanan-Chua (MLC) включает в себя всего 3 линейных элемента (сопротивление R , индуктивность L и ёмкость C) и один нелинейный элемент g , называемый диодом Чуа:

$$g(v_C) = G_b \cdot v_C + \frac{1}{2} (G_a - G_b) \cdot (|v_C + B_p| - |v_C - B_p|)$$

Поскольку генератор неавтономный – для его работы также необходим источник синусоидальной э.д.с.

Для электрической цепи (рисунок 3) проведём некоторое преобразование в безразмерные величины:

$$G = \frac{1}{R}; \beta = \frac{C}{L \cdot G^2}; \omega = \frac{\Omega C}{G}; f = \frac{F \cdot \beta}{B_p};$$

запишем систему в безразмерной форме:

$$\begin{cases} \frac{dx}{d\tau} = y - h(x) \\ \frac{dy}{d\tau} = -\beta \cdot y - \beta \cdot x + f \sin \omega \tau \end{cases}$$

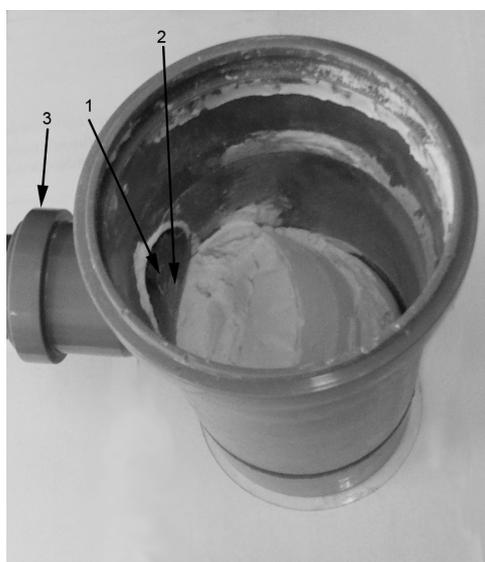
$$h(x) = b \cdot x + \frac{1}{2} (a - b) \cdot (|x + 1| - |x - 1|)$$

Получение хаотических колебаний возможно в весьма широкой области параметров схемы и в работе [10] для амплитудного порогового измерительного преобразователя рекомендуются параметры в окрестности ($f=0.081$; $\omega=0,4$; $\beta=0,9$). Заметим, что частота внешнего гармонического воздействия Ω может быть любой и, задавшись ей, находят остальные значения элементов схемы, уже в реальных величинах.

Физическая реализация эксперимента потребовала предварительной проверки всего измерительного преобразователя в PSPICE-системе схемотехнического моделирования. Нелинейный элемент генератора хаоса – диод Чуа был реализован на основе

CFOA ОУ согласно рекомендациям [11], частота опорного генератора $\Omega/2\pi=10\text{кГц}$. Разработанный пассивный LC-фильтр обеспечил максимум на частоте 3330Гц и ослабление 60дБ на частоте опорного генератора. Выход компаратора был подключён к индикаторному светодиоду для наглядности.

Лабораторный макет представлял датчик контроля «сухого хода» на муку для шнекового подающего продуктопровода (рисунок 4). Испытания позволили подтвердить высокую надёжность срабатывания сигнализатора даже при наличии значительного налипания муки на светофильтры оптопары.



Условные обозначения:
1, 2 – светофильтры светодиода и фотодиода соответственно; 3 – блок обработки сигналов

Рисунок 4 – Внешний вид лабораторного макета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданкин В.К. Сигнализаторы изменения уровня [текст]/В.К. Жданкин // Современные технологии автоматизации, №2. - М: СТА-ПРЕСС, 2002.-С.6-19.

2. Вильнина А.В. Современные методы и средства измерения уровня в химической промышленности [текст]/ А.В. Вильнина, А.Д. Вильнин, Е.В. Ефремов // Учебное пособие, Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011.- С.- 81.

3. Гуткин В.Е. Оптический датчик наличия жидкости [текст]/ В.Е. Гуткин // Радиокомпоненты, №4/2009. – Киев: Издательство «Радиолюбитель», 2009. – С.44-16

4. Еманов А. Оптические датчики уровня жидкости Honeywell [текст]/ А. Еманов, - Новости электроники, №15/2008. – М.: КОМПЭЛ. – 2008. – С.22-24.

5. Yue L. Chaotic system for the detection of periodic signals under the background of strong noise [text]/ Li Yue, Baojun Yang // Chinese Science Bulletin, Vol. 48, № 5. – [China]: Science China Press, 2003. - P.508-510.

6. Chen H.Y. Chaos weak signal detecting algorithm and its application in the ultrasonic Doppler blood-stream speed measuring [text] / H. Y. Chen, J. T. Lv , S. Q. Zhang , L. G. Zhang , J. Li.// J. Phys. Conf. Ser.13. – London: IOP Publishing, 2005. - P.320-324.

7. Tamaseviciute E. Analogue Electrical Circuit for Simulation of the Duffing-Holmes Equation, Nonlinear Analysis: Modelling and Control [text]/ E. Tamaseviciute //Tamasevicius A., Mykolaitis G., Bumeliene S., Lindberg E., Vol 13, №2. - Vilnius: Vilnius University Institute of Mathematics and Informatics, 2008. - P.241-252.

8. Ueda Y. Chaotically transitional phenomena in the forced negative-resistance oscillator [text] / Y. Ueda // Akamatsu N., IEEE Trans. Circuits Syst., Vol. 28 , Iss. 3. – New York: IEEE Circuits and Systems Society, 1981. - P.217-224

9. Murali K. The simplest dissipative nonautonomous chaotic circuit [text]/ K. Murali, M. Lakshmanan, L.O. Chua // IEEE Trans. Circuits Syst., Vol.41. – New York: IEEE Circuits and Systems Society, 1994. - P.462-463.

10. Патрушева Т.В. Амплитудный измерительный преобразователь на основе генератора хаоса [text]/ Т.В. Патрушева, Е.М. Патрушев, Технические науки – от теории к практике, Новосибирск: Сибирская ассоциация консультантов, 2012. – С.104-109.

11. Elwakil A.S. Improved implementation of Chua's chaotic oscillator using current feedback op amp [text]/ A.S. Elwakil, M.P.Kennedy // IEEE Trans. Circuits Syst., Vol. 47, Iss. 1.- New York: IEEE Circuits and Systems Society, 2000. – P.76-79.

Патрушева Татьяна Васильевна – старший преподаватель, тел.: (3852) 29-09-13, e-mail: it@agtu.secna.ru