

12-30-2019

APPLICATION OF OPTOELECTRON CONVERTERS OF REFLECTIVE TYPE FOR AUTOMATION OF LIQUID AND GAS VERSION TEST MEASURING UNITS

Yuriy G. Shipulin

Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, str. University, 2 (Uzbekistan). E-mail: www.tdtu.uz

Otabek T. Almataev

Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, str. University, 2 (Uzbekistan). E-mail: www.tdtu.uz

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/adu>



Part of the [Engineering Physics Commons](#)

Recommended Citation

Shipulin, Yuriy G. and Almataev, Otabek T. (2019) "APPLICATION OF OPTOELECTRON CONVERTERS OF REFLECTIVE TYPE FOR AUTOMATION OF LIQUID AND GAS VERSION TEST MEASURING UNITS," *Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research*: Vol. 1 : Iss. 2 , Article 8.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/adu/vol1/iss2/8>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РЕФЛЕКТИВНОГО ТИПА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЖИДКОСТНЫХ И ГАЗОВЫХ ПОВЕРОЧНЫХ РАСХОДОМЕРНЫХ УСТАНОВОК

Ю.Г.Шипулин, О.Т.Алматаев

Мақолада суюқ ва газли калибрловчи оқим ўлчагич қурилмаларини автоматлаштиришда рефлексорли оптоэлектрон ўзгартиргичлардан фойдаланиш ўрганилган. Суюқ ва газли калибрловчи оқим ўлчагич қурилмалар турли суюқ ва газ ўлчагичларларни калибрлаш ҳамда аттестациялашда кенг қўлланилади. Калибрловчи қурилмалар учун рефлексорли оптоэлектрон ўзгартиргичларни яшаш тамойиллари таҳлил қилинган ва уларни яратишнинг асосий тамойиллари аниқланган. ОПРТ асосида ишлаб чиқилган, суюқлик ҳисоблагичлар ва ўлчагич қурилмаларни синаб кўришнинг автоматлаштирилган дастурлаштириладиган синовларининг функционал диаграммаси келтирилган.

Калит сўзлар: суюқ, газли, калибрловчи, оқим ўлчагич, қурилма, автоматлаштириш, рефлексор, оптоэлектрон, ўзгартиргич.

Данная работа посвящена применению оптоэлектронных преобразователей рефлективного типа для автоматизации жидкостных и газовых поверочных расходомерных установок. Жидкостные и газовые поверочные расходомерные устройства широко применяется для поверки и аттестации различных жидкостных и газовых расходомеров и счетчиков. Проведен анализ принципов построения оптоэлектронного преобразователя рефлективного типа для поверочных устройств и определены основные принципы их построения. Представлена функциональная схема экспериментальной автоматизированной программируемой поверочной испытательной установки расходомеров-счетчиков жидкостей разработанная на основе ОПРТ.

Ключевые слова: оптоэлектронный, преобразователь, рефлексор, автоматизация, жидкость, газ, поверка, расход, схема.

В настоящее время жидкостные и газовые поверочные расходомерные устройства широко применяется для поверки и аттестации различных жидкостных и газовых расходомеров и счетчиков.

К поверочным расходомерным устройством предъявляются высокие требования по точности, надежности, быстродействию, стоимости и технологичности изготовления, кроме того, требуется чтобы в поверочных установках процессы поверки и обработки результатов измерения были автоматизированы на основе современных достижений микропроцессорной техники.

В жидкостных расходомерных установках этим требованием наиболее полно удовлетворяют установки с мерными баками, в которых необходимо точно фиксировать объем и время заполнения жидкостью.

В газовых расходомерных установках этим требованиям наиболее полно удовлетворяют колокольные установки, в которых необходимо точно фиксировать положение и время перемещения колокола.

Анализ существующих датчиков положения показал [1-6], что для поверочных расходомерных установок, наиболее пригодны оптоэлектронные преобразователи на основе отражения светового потока, которые имеют ряд достоинств: простота и компактность конструкции; высокие чувствительность и точность, а также удобство монтажа и установки на элементах газомерного устройства. Исходя из этого, за основу разработку оптоэлектронного преобразователя взят принцип построения на основе отражения светового потока оптоэлектронный преобразователь рефлективного типа (ОПРТ).

Проведенный анализ принципов построения оптоэлектронного преобразователя рефлективного типа для поверочных устройств позволил сделать следующие выводы:

1. Характерными конструктивными признаками ОПРТ для расходомерных устройств являются:

а) Наличие следующих основных элементов: сосредоточенного источника излучения (СИИ); кольцевого приемника излучения (КПИ); цилиндрического рефлективного элемента (РЭ); измерительной схемы (ИС);

б) Наличие цилиндрического рефлективного элемента, модулирующего световой поток, светоотражающая поверхность, которого характеризуется геометрическими параметрами и отражательной способностью.

2. Роль цилиндрического рефлективного элемента заключается в эффективном модулировании светового потока от поверхности РЭ и создании на светочувствительной поверхности приемника излучения импульса светового потока при различных положениях и перемещениях подвижных элементов поверочных устройств.

3. Роль световодов заключается в создании эффективных путей прохождения светового потока от ИИ к РЭ, устранении влияния внешнего светового фона и отвода отраженного светового потока к приемнику излучения.

4. Роль измерительных схем заключается в создании на выходе ОПРТ необходимых выходных электрических аналоговых или цифровых сигналов для систем контроля и управления поверочными устройствами.

Зная роль тех или иных элементов в конкретной конструкции ОПРТ, можно определить назначение преобразователя, основные характеристики и преимущества при его применении в поверочных устройствах [6-10].

Для анализа принципа построения и разработки математических моделей ОПРТ разработана графовая модель, представленная на рис. 1.

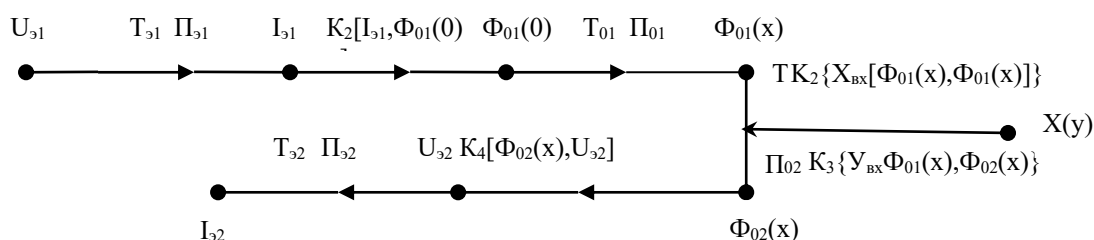


Рис.1. Графовая модель ОПРТ

Согласно графовой модели ОПРТ (рис. 1) цепь питания ИИ представлена подграфом $U_{Э1} I_{Э1}$ (электрическое напряжение и ток), для которой схемная функция $T_{Э1}$ с параметром $П_{Э1}$ отображает структуру цепи питания ИИ. В цепи $I_{Э1}, \Phi_{01}(0)$, ток $I_{Э1}$ преобразуется в световой поток $\Phi_{01}(0)$, что отображается коэффициентом межцепной связи $K_2[I_{Э1}, \Phi_{01}(0)]$. Световой поток $\Phi_{01}(x)$ от ИИ при $x=0$ распространяется до РЭ и определяется по формуле:

$$\Phi_{01}(x) = I_0 \frac{S_{РЭ}}{(x_0 + x)^2}, \tag{1}$$

где I_0 - сила света, $S_{РЭ}$ - площадь РЭ, освещаемая от ИИ, x_0 - расстояние от ПИ до РЭ; X - продольная координата.

Световой поток $\Phi_{02}(x)$, отразившись от РЭ, освещает чувствительную поверхность $S_{осв}$ приёмника излучения, что отображается цепью $\Phi_{01}(x), \Phi_{02}(x)$. Световой поток $\Phi_{02}(x)$ определяется по формуле:

$$\Phi_{02}(x) = I_0 \frac{S_{осв}}{(x_0 + 2x)^2} \rho_{РЭ}, \tag{2}$$

где $\rho_{РЭ}$ – коэффициент отражения поверхности РЭ.

На основе графовой модели можно определить статические характеристики ОПРТ как по продольной координате X , так и по поперечной координате Y (по координате перемещения РЭ).

Статическая характеристика по координате Y необходима для определения оптимального расстояния $X_{оп}$ между РЭ и ПИ, исходя из требования обеспечения максимальной чувствительности. Статическая характеристика ОПРТ по координате X на основе графовой модели имеет следующий вид

$$U_{Э2x} = U_{Э1} T_{Э1} П_{Э1} K_1 [T_{Э1}, \Phi_{01}(0)] T_{01} П_{01} T_{02} П_{02} K_2 \times \\ \times \{ [X_{вх}, \Phi_{01}(x), \Phi_{02}(x)] K_4 [\Phi_{02}(x), U_{Э2}] T_{Э2} П_{Э2} \} x. \tag{3}$$

Статическая характеристика по координате Y позволяет получить оптимальный выходной сигнал ОПРТ для контроля положения и перемещения подвижного элемента и согласно графовой модели имеет вид

$$U_{\text{Э2y}} = U_{\text{Э1}} T_{\text{Э1}} \Pi_{\text{Э1}} K_1 [I_{\text{Э1}}, \Phi_{01}(0)] T_{01} \Pi_{01} T_{02} \Pi_{02} K_2 [y_{\text{Эx}}[\Phi_{01}(x), \Phi_{02}(x)]] K_4 [\Phi_{02}(x), U_{\text{Э2}}] y. \quad (4)$$

Для получения конкретных статических моделей ОПРТ необходимо определить явные выражения для функций связи:

$$K_2 \{x_{\text{Эx}}[\Phi_{01}(x), \Phi_{02}(x)]\}, K_3 \{y_{\text{Эx}}[\Phi_{01}(x), \Phi_{02}(x)]\}, K_4 [\Phi_{02}(x), U_{\text{Э2}}] \text{ и схемных функций с параметрами: } T_{\text{Э1}} \cdot \Pi_{\text{Э1}}; T_{01} \cdot \Pi_{01}; T_{02} \cdot \Pi_{02}; T_{\text{Э2}}; \Pi_{\text{Э2}}.$$

Функция связи $K_1 [T_{\text{Э1}}, \Phi_{01}(0)]$, а также схемная функция $T_{\text{Э1}}$ и параметр $T_{\text{Э1}}$, определяются типом ИИ. Аналогично функция связи $K_4 [\Phi_{02}(x), U_{\text{Э2}}]$, схемная функция $T_{\text{Э2}}$ и параметр $\Pi_{\text{Э2}}$ определяются типом приемника излучения.

Важнейшими узлами ОПРТ являются цепи воздействия входных величин $X_{\text{ВХ}}$ и $Y_{\text{ВХ}}$ на процесс преобразования $\Phi_{01}(x) \rightarrow \Phi_{02}(x)$, которые отображаются функциями связи $K_2 \{x_{\text{Эx}}[\Phi_{01}(x), \Phi_{02}(x)]\}$ и $K_3 \{y_{\text{Эx}}[\Phi_{01}(x), \Phi_{02}(x)]\}$.

Выходной сигнал $U_{\text{Э2}}$ определяется на основе коэффициента межцепной связи $K_4 [\Phi_{02}(x), U_{\text{Э2}}]$.

На рис. 2, а представлена физическая модель ОПРТ при продольном перемещении РЭ, а на рис. 2, б – при поперечном перемещении РЭ.

На основании физической модели на рис. 2, а

$$\text{tg} U_1 = \frac{\frac{D_0}{2} + y_1}{x + R_{\text{РЭ}}}. \quad (5)$$

Откуда

$$y_1 = (x + R_{\text{РЭ}}) \text{tg} U_1 - \frac{D_0}{2}. \quad (6)$$

После преобразований получено

$$y_1 = \frac{D_0}{2} \left[\left(\frac{x}{R_{\text{РЭ}}} + 1 \right) \left(\frac{x}{x_0} + 1 \right) - 1 \right]. \quad (7)$$

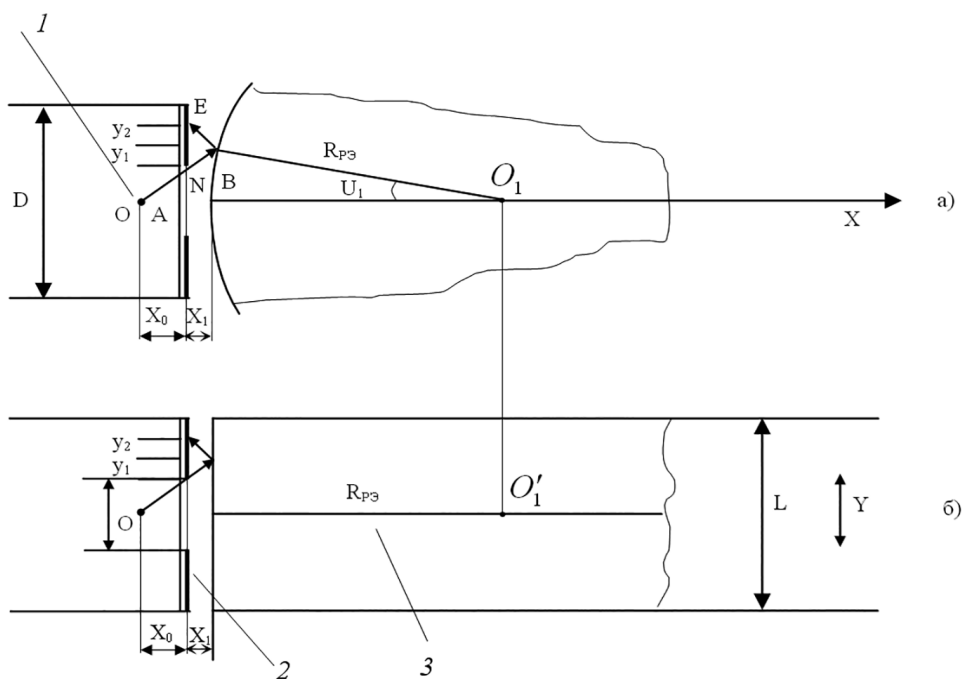


Рис. 2. Физические модели ОПРТ:

а – при продольном перемещении РЭ; б - при поперечном перемещении РЭ

1 – источник излучения; 2 – приемник излучения; 3 – рефлективный элемент; X_0 – расстояние от ИИ до ПИ; X_1 – расстояние от ПИ до РЭ; D – диаметр ПИ; D_0 – диаметр диафрагмы ПИ; y_1, y_2 – отрезки, определяющие зону освещения ПИ; $R_{\text{РЭ}}$ – радиус РЭ.

Анализ (7) показывает, что при больших радиусах цилиндрического рефлективного элемента $R_{РЭ} \rightarrow \infty$

$$y_1 = \frac{D_0 x}{2x_0}. \quad (8)$$

В целом, в рабочем диапазоне изменения параметров D_0 и X значения Y_1 возрастают, а при превышении X_0 значения Y_1 - уменьшаются.

Зависимость площади освещения приемника излучения $S_{осв}$ от изменения X равна

$$S_{осв} = \pi D_0^2 \frac{x}{x_0} \left(1 + \frac{x}{x_0}\right). \quad (9)$$

Чувствительность ПИ к продольным перемещениям РЭ равна

$$k_{np} = \pi D_0^2 \frac{1}{x_0} \left(1 + \frac{2x}{x_0}\right). \quad (10)$$

В целом величина светового потока, падающего на приемник излучения будет равна

$$\Phi_{01}(x) = I_0 \frac{S_{осв}(x)}{(x_0 + 2x)} \rho_1 \cdot e^{-k_x(x_0 + 2x)}. \quad (11)$$

На рис. 3. показано изменение относительного значения светового потока $\frac{\Phi_{01}(x)}{\Phi_{01}(0)}$ в зависимости от продольного перемещения приемника РЭ

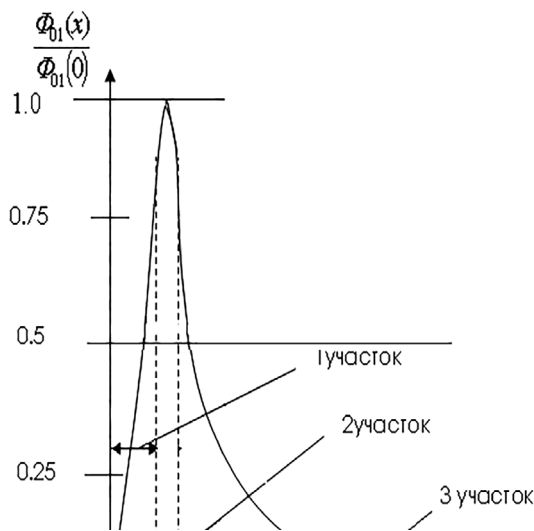


Рис. 3. График зависимости $\frac{\Phi_{01}(x)}{\Phi_{01}(0)}$ от продольного перемещения x РЭ

Из зависимости $\Phi_{01}(x) / \Phi_{01}(0) = f(x)$ видно, на участке 1 ОПРТ имеет высокую чувствительность к продольным перемещениям и поэтому на этом участке нецелесообразно устанавливать ПИ. А на участке 2 ОПРТ имеет весьма низкую чувствительность к продольным перемещениям и этот участок рекомендуется для установки ПИ для ОПРТ. Таким образом, на основании графика 3 можно определить оптимальное расстояние $X_{оп}$ и установить РЭ от ПИ ОПРТ.

Согласно физической модели на рис. 2, б РЭ в процессе измерительного преобразования совершает поперечное перемещение по координате Y , при этом изменяется площадь освещенных поверхностей как отражающей поверхности РЭ, так и площади освещенной поверхности $S_{рэ}(Y)$ приемника излучения по координате Y . При перемещении по координате Y на РЭ падает световой поток, который начиная от начального значения Y_n последовательно освещает сегменты поверхности РЭ согласно формулы

$$S_{dy}(y) = \frac{4}{3} \sqrt{R_{i\bar{n}\bar{a}}^2 - (R_{i\bar{n}\bar{a}} - y)^2} \cdot y, \quad (12)$$

и при полном освещении создает сплошной круг. Отраженный световой поток $\Phi_{02}(X)$ от РЭ на кольцевом приемнике излучения также последовательно освещает площадь в виде сегментов по координате Y .

Авторами разработана на основе ОПРТ автоматизированная колокольная газомерная установка (рис.4), в которой перемещение колокола 1 в резервуаре с водой 2 обеспечивается с помощью электродвигателя 3, редуктора 5 и винта 6. Вытесняемый из под колокола 1 воздух по трубе 8 поступает через переключающиеся краны 9 к поверяемому расходомеру или счетчику 12. Переключатель скоростей 4 позволяет изменять скорость перемещения колокола 1 с помощью роликов 7 и тем самым обеспечивает изменение задаваемого расхода воздуха через расходомер или счетчик газа 12. Автоматическое измерение расхода и количества воздуха через расходомер или счетчика газа 12 обеспе-

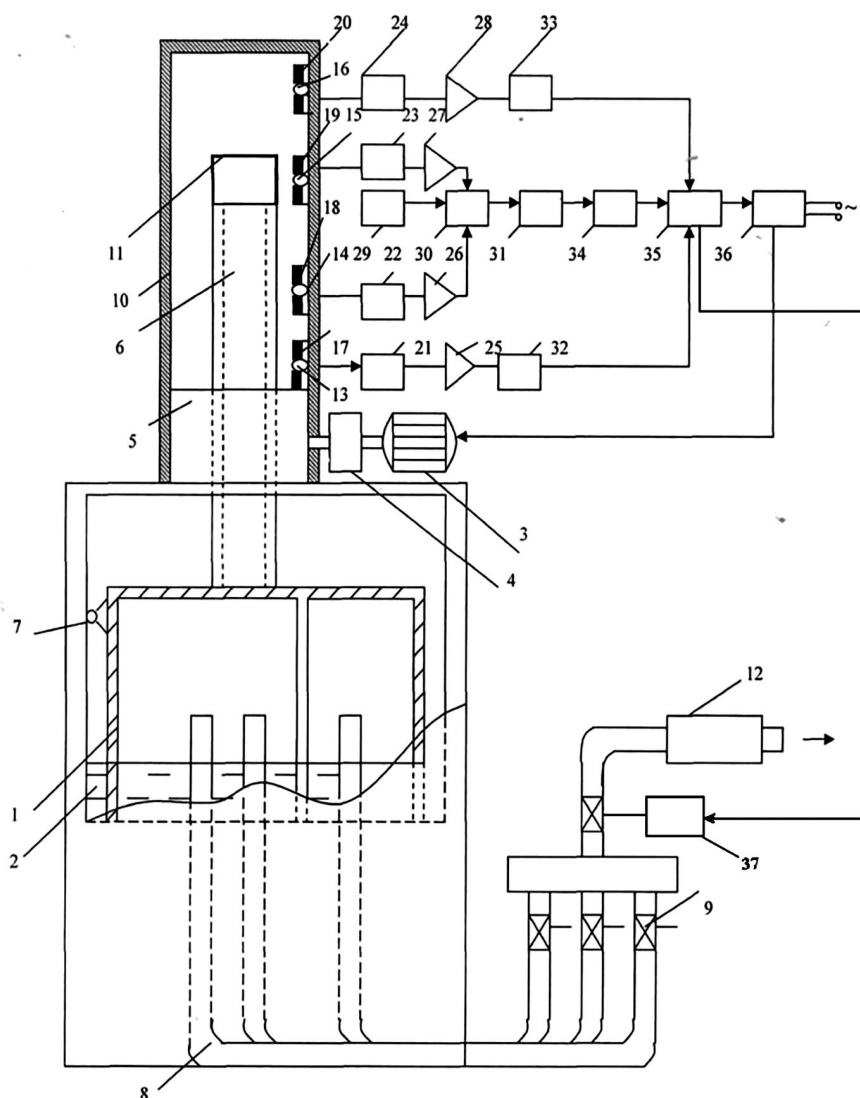


Рис.4. Функциональная схема колокольного газомерного устройства с электрическим приводом

1-колокол; 2-резервуар; 3-электродвигатель; 4-переключатель скорости; 5- редуктор; 6-винт; 7-ролики; 8-трубы; 9-краны; 10-корпус; 11-светоотражающий цилиндр; 12-поверяемый расходомер; 13,14,15,16-источники излучения; 17,18,19,20-кольцевые приемники излучения; 21,22,23,24-мостовые измерительные схемы; 25,26,27,28-электронные усилители; 29-генератор импульсов; 30-электронный вентиль; 31-счетчик импульсов; 32,33-аналого-цифровые преобразователи; 34- промежуточный преобразователь; 35-микропроцессор; 36-37- исполнительные устройства.

чивается с помощью четырех ОПРТ, состоящих из приемников излучения 17, 18, 19, 20 и источниками излучения 13, 14, 15, 16, два из которых находятся в верхней части и два в нижней частях стенки корпуса 10.

В разработанном газомерном устройстве колокол 1 погружается в резервуар с водой 2 не под действием собственного веса, а с помощью электрического привода. Скорость перемещения колокола 1 может быть задана с помощью микропроцессорной системы управления.

Расход газа, фиксируемый газомерной установкой, не зависит от давления под колоколом и определяется скоростью его перемещения и площадью внутреннего сечения колокола 1

$$G = F \cdot v, \quad (12)$$

где G - объемный расход, м³/час; F - площадь внутреннего сечения, м²; v – скорость перемещения колокола, м/с.

По итогам работы представлена функциональная схема экспериментальной автоматизированной программируемой поверочной испытательной установки расходомеров-счетчиков жидкостей разработанная на основе ОПРТ.

Рассмотренная графовая модель позволяет провести анализ статистических характеристик оптоэлектронного преобразователя рефлексивного типа как по продольной координате X , так и по поперечной координате Y , благодаря которых определяется оптимальное расстояние между рефлексивным элементом и приемником излучение и обеспечивается максимальная чувствительность выводы.

1. Обоснована необходимость применения оптоэлектронных преобразователей рефлексивного типа для автоматизации жидкостных и газовых поверочных расходомерных установок.

2. Проведен анализ и принципов построения оптоэлектронных преобразователей рефлексивного типа по конструктивным признакам наличия основных элементов (источников и приемников излучения, рефлексивного элемента, и по измерительным схемам).

3. Рассмотрена графовая модель, позволяющая анализировать статистических характеристики и выбросить оптимальные расстояния между рефлексивным элементом приемником излучения. Это позволяет обеспечить максимальной чувствительность.

4. Проведена описание и функциональная схема разработанной конструкции на основе оптоэлектронных преобразователей рефлексивного типа разработанная авторами.

Литература

1. *Расцепляев Ю.Г., Богатых А.Е., Вербов В.Ф.* Оптоэлектронный пульт-индикатор на пьезоэlemente // Приборы и системы управления, 1979. – №9. – С. 15 – 21.
2. *Шипулин Ю.Г.* Интеллектуальный оптоэлектронный преобразователь вибраций параметров технологических агрегатов // Химическая технология. Контроль и управление. – 2005. – №5. – С. 30 – 33.
3. *Шипулин Ю.Г., Азимов А.Р.* Аналоговые оптоэлектронные преобразователи на основе полых световодов для систем контроля уровня и расхода // Вестник ТашГТУ. – 1999. – №1. – С.43 – 46.
4. *Azimov R.K., Shipulin Yu.G., Maksudov S.A., Mahmudov M.I., Jumaev O.A.* Intellectual microprocessor testing gas measuring instrument stallations // WCIS-2010. – Tashkent. – 2010. – Pp. 266 – 269.
5. *Алматаев О.Т., Шипулин Ю.Г., Жумаев О.А.* Автоматизированная программируемая поверочно-испытательная установка расходомеров счетчиков жидкостей //Химическая технология. Контроль и управление. – 2010. – №3. – С. 46 – 49.
6. *Шипулин Ю.Г., Холматов У.С., Алматаев О.Т., Сагитов Р.* Система обнаружения отказа и оценка ошибок преобразователей физических величин // Наука, образование, техника. – Ош. 2009. – №4. – С. 21 – 28.
7. *Almataev O.T., Kholmatov U.S., Zhumaev O.A., Shipulin Yu.G.* Microprocessor optoelectronic converter of liquid level //WCIS-2010. –Tashkent. – 2010. – Pp.123 – 126.
8. *Шипулин Ю.Г., Махмудов М.И., Алматаев О.Т., Жумаев О.А.* Микропроцессорный оптоэлектронный преобразователь уровня жидкости. //Кончилик хабарномаси. – Зарафшан. – 2010. – № 43. – С. 72 – 73.
9. *Холматов У.С., Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Абдираимов Ф.А., Алматаев О.Т.* Оптоэлектронные дискретные преобразователи уровня жидкостей // Современные материалы, техника и технологии в машиностроении. Сборник статей. – Андижан. – 2012. – С. 363 – 367.
10. *Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г., Алматаев О.Т.* Волоконно-оптический преобразователь уровня жидкости. Заявка на патент РУз IAP 20100441 от 30.10.2010 г.

APPLICATION OF OPTOELECTRON CONVERTERS OF REFLECTIVE TYPE FOR AUTOMATION OF LIQUID AND GAS VERSION TEST MEASURING UNITS

Y.G.Shipulin¹, O.T.Almataev¹

Ilmiy xabarnoma. Fizika-matematika tadqiqotlari – Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research. 2019. 2. 65 – 72.

¹Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, str. University, 2 (Uzbekistan). E-mail: www.tdtu.uz

Keywords: optoelectronic, converter, reflector, automation, liquid, gas, calibration, flow rate, scheme, model.

This work is devoted to the use of reflective optoelectronic converters for the automation of liquid and gas calibration flowmeter installations. Liquid and gas calibration flowmeter devices are widely used for verification and certification of various liquid and gas flowmeters and meters. The analysis of the principles of construction of a reflective optoelectronic converter for calibration devices is carried out and the basic principles of their construction are determined. A functional diagram of an experimental automated programmable calibration test setup of flow meters, liquid meters developed on the basis of ROC is presented.

High accuracy requirements are imposed on the calibration flowmeter device in terms of accuracy, reliability, speed, cost and manufacturability, in addition, it is required that in calibration installations the processes of verification and processing of measurement results are automated based on modern achievements of microprocessor technology.

The analysis of existing position sensors showed that for calibration flowmeter installations, optoelectronic converters based on the reflection of the light flux are most suitable, which have a number of advantages: simplicity and compact design; high sensitivity and accuracy, as

well as ease of installation and installation on the elements of the gas-measuring device.

The authors have developed an automated bell gas metering system based on the ROC, in which the movement of the bell in the water tank is ensured by an electric motor, gearbox and screw. The air displaced from under the bell through the pipe enters through switching taps to the flow meter or meter to be verified. The speed switch allows to change the speed of the bell using the rollers and thereby provides a change in the set air flow through the flow meter or gas meter. Automatic measurement of the flow rate and the amount of air through a flow meter or gas meter is provided by four OPRT, consisting of radiation receivers and radiation sources, two of which are located in the upper part and two in the lower parts of the housing wall. In the developed gas measuring device, the bell is immersed in a water tank not under its own weight, but with the help of an electric drive. The speed of movement of the bell can be set using a microprocessor control system.

Based on this, the development of an optoelectronic converter is based on the principle of constructing a reflective optoelectronic converter (ROC) based on light reflection.

References:

1. Rasceptlyayev Y.G., Bogatykh A.E., Verbov V.F. (1979) Optoelektronnyj pult-indikator na pyzoelemente [Devices and control systems]. *Pribory i sistemy upravleniya*. 9. Pp. 15-21.
2. Shipulin Yu.G. (2005) Intellekturnyj optoelektronnyj preobrazovatel' vibracij parametrov tekhnologicheskix agregatov [Intelligent optoelectronic vibration converter for process unit parameters]. *Himicheskaya tekhnologiya. Kontrol i upravlenie*. 5. Pp. 30-33.
3. Shipulin Yu.G., Azimov A.R. (1999) Analogovye optoelektronnye preobrazovateli na osnove polyh svetovodov dlya sistem kontrolya urovnya i raskhoda [Analog optoelectronic converters based on hollow fibers for level and flow control systems]. *Vestnik TashGTU*. 1. Pp.43-46.
4. Azimov R.K., Shipulin YU.G., Maksudov S.A., Makhmudov M.I., Jumaev O.A. (2010) Intellectual microprocessor testing gas measuring instrument stallations. *WCIS-2010*. Tashkent: November 25-27. Pp. 266-269.
5. Almataev O.T., Shipulin Y.G., Jumaev O.A. (2010) Avtomatizirovannaya programiruemaya poverochno-ispytatel'naya ustanovka raskhodomerov schetchikov zhidkosteij [Automated programmable calibration test installation of flowmeters of liquid meters]. *Himicheskaya tekhnologiya. Kontrol i upravlenie*. 3. Pp. 46-49.
6. Shipulin Yu.G., Kholmatov U.S., Almataev O.T., Sagitov R.(2009). Sistema obnaruzheniya otkaza i oценка oshibok preobrazovatelej fizicheskix velichin [Failure detection system and error estimation of physical quantity converters]. *Nauka, obrazovanie, tekhnika*. 4. Pp. 21-28.

7. Almataev O.T., Kholmatov U.S., Jumaev O.A., Shipulin Yu.G. (2010) Microprocessor optoelectronic converter of liquid level. Tashkent: Sixth World Conference on Intelligent System for Industrial Automaton. November 24-26. Pp. 123-126.

8. Shipulin Yu.G., Makhmudov M.I., Almataev O.T., Jumaev O.A. (2010) Mikroprocessornyj optoelektronnyj preobrazovatel' urovnya zhidkosti [Microprocessor-based optoelectronic liquid level transducer]. *Konchilik xabarnomasi*. 43. Pp. 72-73.

9. Kholmatov U.S., Azimov R.K., Shipulin Yu.G., Abdiraimov F.A., Almataev O.T. (2012) Optoelektronnye diskretnye preobrazovateli urovnya zhidkостей [Optoelectronic discrete liquid level transducers]. *Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii v mashinostroenii. Sbornik statej* [Modern materials, engineering and technology in mechanical engineering. Digest of articles]. Andijan. Pp. 363 – 367.

10. Azimov R.K., Shipulin Yu.G., Almataev O.T. Volokonno-opticheskiy preobrazovatel urovnya zhidkosti [Fiber optic liquid level transducer]. Application for patent RUz IAP 20100441 from 10/30/2010.

Сведения об авторах:

Шипулин Юрий Геннадьевич – доктор технических наук, профессор кафедры Системы управления и обработка информации Ташкентского технического университета.

Алматаев Отабек Тожибаевич – соискатель кафедры Системы управления и обработка информации Ташкентского технического университета. E-mail: talor58@mail.ru