

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA‘LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI**

**MASHINASOZLIK
ILMIY-TEXNIKA JURNALI**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATIONS REPUBLIC
OF UZBEKISTAN
ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL
MACHINE BUILDING**

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi (OAK) Rayosatining 2021-yil 30-dekabrda 310/10-son qarori bilan Andijon mashinasozlik institutining “Maashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali “TEXNIKA” va “IQTISODIYOT” fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yhatiga kiritilgan.

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to‘liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim mos tushmasligi mumkin. Ilmiy-texnika jurnalida yozilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolaning mualliflari mas’uldirlar.

Transport	
Статические характеристики оптоэлектронных дискретных преобразователей перемещений с полыми и волоконными световодами <i>Холматов У.С.</i>	128
Use of the expert assessment method in technological equipment of automobile enterprises <i>Islomov Sh.E.</i>	136
Метод восстановления поверхности катания цельнокатных колес пассажирских вагонов <i>Зайнитдинов О.И., Абдуллаев Б.А., Галимова Ф.С., Гайинов А.Б.</i>	144
Karter moyining tarkibiy tahlili yordamida avtomobil dvigatellarini diagnostikalash usuli tahlili <i>Umirov I.I.</i>	155
Yuk vagon g'ildiraklariga kuch ta'sir qilganda, diskdan obodga o'tish qismida hosil bo'ladigan kuchlanishlarni solidworks dasturida aniqlash <i>Шоқучқоров Қ.С., Абдуллаев Б.А., Гайинов А.Б., Джаббаров Ш.Б., Хикматов Ф.Ф.</i>	161
Основные тенденции цифровизации транспортно-логистических провайдеров <i>Илхомов С.С.</i>	166
Avtomobil old oynasini avtomatik tozalash qurilmalarining tahlili <i>Saydaliyev I.N.</i>	173
Оценка устойчивости грузового вагона при движении на кривых участках пути <i>Намозов С.Б., Рахматов Х.А., Джаббаров Ш.Б.</i>	179
Iqtisodiyot	
Развитие системы менеджмента качества предприятий лёгкой промышленности и совершенствование методов её оценки в условиях цифровизации <i>Сафина Н.Т.</i>	186
Зарубежный опыт цифровой трансформации экономики <i>Сотволдиев А.А.</i>	200
“O‘zbekiston – 2030” strategiyasi: sanoat mahsulotlari eksportining istiqbollari <i>Pyosov A.A.</i>	209
Agroklastlar faoliyatini rivojlantirishda mehnat resurslaridan samarali foydalanish <i>Qobulova M.Y.</i>	216
Цифровая экономика в эпоху глобализации <i>Халилов Н.Х.</i>	224
Issiq iqlimli mintaqalarda foydalanishi mo'ljallangan avtomobillarini yonaki to'qnashuvda himoyalash tizimi sinov usullari <i>Qayumov B.A.</i>	232

УДК:628.34.001.57

Умид Садирдинович Холматов
Старший преподаватель кафедры
«Инженерия транспортных средств»
Андижанского машиностроительного института
Узбекистан, Андижан, E-mail: umid.xolmatov.76@mail.ru
umid.xolmatov.76@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2295-502X>

СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ДИСКРЕТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С ПОЛЫМИ И ВОЛОКОННЫМИ СВЕТОВОДАМИ

STATIC CHARACTERISTICS OF OPTOELECTRONIC DISCRETE DISPLACEMENT TRANSDUCERS WITH HOLLOW AND FIBER FIBER

G'OVAK VA TOLALI YORUG'LIK O'TKAZGICHLI OPTOELEKTRON DISKRET SILJISH O'ZGARTIRGICHLARINING VA STATIK TAVSIFLARI

Аннотация

В данной статье оптоэлектронные дискретные преобразователи (ОДПВ) любого типа продольные или поперечные перемещения внешнего модулирующего тела (ВМТ) преобразуются в изменение параметров светового потока Φ_0 в соответствующих световодах от сосредоточенными источниками излучений (СИИ) или распределенного источника излучения (РИИ). Далее световые потоки Φ_0 падая на соответствующие приемник излучения (ПИ) изменяют их параметры и изменяются выходные напряжения $U_{\text{ВЫХ}}$ в измерительных схемах.

Annotation

In this article, optoelectronic discrete converters (ODC) of any type, longitudinal or transverse displacements of an external modulating body (EMD) are converted into a change in the parameters of the light flux Φ_0 in the corresponding light guides from lumped radiation sources (LRS) or a distributed radiation source (DRS). Further, the light fluxes Φ_0 falling on the corresponding radiation receiver (RR) change their parameters and the output voltages $U_{\text{ВЫХ}}$ in the measuring circuits change.

Annotatsiya

Ushbu maqolada, har qanday turdagi optoelektronik diskret konvertorlar (OEDT), tashqi modulyatsiya qiluvchi tananing (MQT) bo'ylama yoki ko'ndalang siljishlari nurlanish manbalaridan (SNM) mos keladigan yorug'lik yo'riqnomalarida Φ_0 yorug'lik oqimi parametrlarining o'zgarishiga aylantiriladi.) yoki taqsimlangan nurlanish manbai (TNM). Bundan tashqari, mos keladigan nurlanish qabul qilgichga (NQQ) tushadigan Φ_0 yorug'lik oqimlari o'z parametrlarini o'zgartiradi va o'lchash davrlarida $U_{\text{ВЫХ}}$ chiqish kuchlanishlari o'zgaradi.

Ключевые слова: источника излучения, приемника излучения, измерительной схемы, световод, волоконные световоды, операционные усилители.

Key words: radiation source, radiation receiver, measuring circuit, optical fiber, optical fibers, operational amplifiers.

Kalit soʻzlar: nurlanish manbai, nurlanishni qabul qiluvchi, oʻlchash sxemasi, optik tola, optik tolalar, operatsion kuchaytirgichlar.

Введение

Статическая характеристика ОДПВ является зависимостью в установившемся состоянии между значениями входного $X_{вх}$ и выходного $X_{вых}$ сигналов. Особенностью конструкций ОДПВ является наличие следующих основных элементов: источника излучения (ИИ); приемника излучения (ПИ); световода (полого или волоконного) (СВ); измерительной схемы (ИС) с формирователем выходного сигнала, которые в зависимости от принципа построения ОДПВ соединены определенным образом для выполнения необходимой функции преобразования. На основе вышеизложенного можно констатировать, что статическая характеристика любого ОДПВ определяется параметрами всех указанных элементов и в дальнейшем анализ статических характеристик ОДПВ будет осуществляться как с учетом их математических моделей, так и видом измерительных схем [1, 2, 3, 4].

Методы

В ОДПВ релейного типа промежуточный непрерывный сигнал (рис.1, а) преобразуется в выходной дискретный сигнал (рис.1, б).

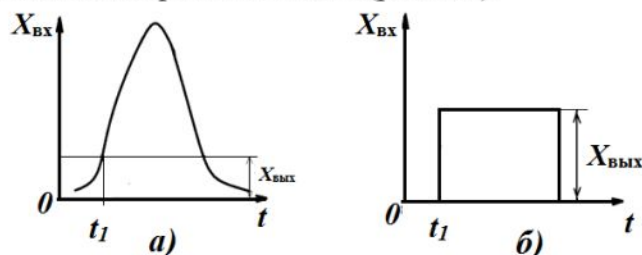


Рис.1. Дискретные сигналы релейного типа.

В ОДПВ импульсного типа входные сигналы преобразуются в последовательности импульсов:

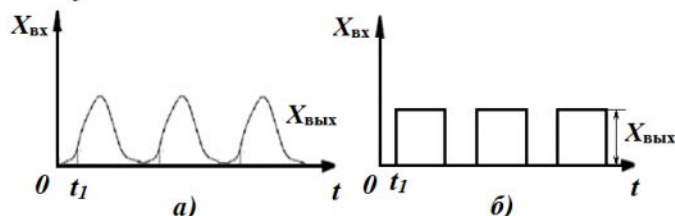


Рис.2. Дискретные сигналы импульсного типа.

В ОДПВ сигнал аналого-цифрового типа преобразуется в выходной цифровой сигнал на основе геометрического кодирования.

Таким образом, статическая характеристика ОДПВ определяется последовательным преобразованием входной величины в непрерывный сигнал последующим преобразованием в соответствующий дискретный сигнал. Для формирования статической характеристики ОДПВ существенную роль играют измерительные схемы в виде делительных или мостовых схем [5, 6, 7] в плечи которых включаются различные приемники излучения: фоторезисторы, фотодиоды, и другие. Например, в мостовой измерительной схеме рис.3 в, одним из основных плеч является фоторезистор с сопротивлением $R_{фр1}$, а в другое плечо (смежное) обычно включается компенсационный фоторезистор $R_{фр2}$ для компенсации различных внешних неинформативных воздействий (например, изменения температуры окружающей

среды, фоновые засветки и другие). В другие плечи мостовой измерительной схемы включены постоянные электрические сопротивления R_3 и R_4 .

Для получения стандартного выходного сигнала в измеряемом диапазоне в виде электрического тока от 0 до 5 мА или в виде электрического напряжения от 0 до 2 В выход мостовой схемы подключен на вход операционного усилителя ОУ [8, 9, 10].

Для расчета выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ мостовой схемы (рис.3, в) используется формула

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{R_{\text{фр1}}R_4 + R_{\text{фр2}}R_3}{[R_{\text{фр1}} + R_{\text{фр2}}](R_3 + R_4)}, \quad (1)$$

где: U_M – напряжение питания мостовой схемы.

В исходном состоянии измерительная схема находится в равновесии ($U_{\text{вых}}=0$), так как $R_{\text{фр1}} = R_{\text{фр2}} = R_{\text{фр3}} = R_{\text{фр4}}$. При перемещении внешнего модулирующего тела происходит перераспределение светового потока, что приводит к изменению значения $R_{\text{фр1}}$. Если $R_{\text{фр1}}$ изменится на величину $R_{\text{фр1}} \cdot \varepsilon_1$, то формулу (1) можно переписать в виде:

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{R_{\text{фр1}}(1 + \varepsilon_1) + R_{\text{фр2}}R_3}{[R_{\text{фр1}}(1 + \varepsilon_1) + R_{\text{фр2}}](R_3 + R_4)}, \quad (2)$$

где: $\varepsilon_1 = \frac{\Delta R_{\text{фр1}}}{R_{\text{фр1}}}$ – относительное изменение сопротивления плеча $R_{\text{фр1}}$;

$$\Delta R_{\text{фр1}} = R_{\text{фр1}}(x) - R_{\text{фр1}}(x = 0)$$

Значения сопротивлений $R_{\text{фр1}}(x)$ определяются по характеристике $R_{\text{фр1}} = f[\Phi_0(x)]$ для конкретных конструкций ОДПВ с учетом изменений $\Phi_0(x)$ при перемещении внешнего модулирующего тела.

Выражение (2) можно преобразовать путем деления последовательно на $R_{\text{фр2}}$ и R_4

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{K\varepsilon_1}{(K + 1)(K + 1 + K\varepsilon_1)}, \quad (3)$$

где: $K = \frac{R_{\text{фр1}}}{R_{\text{фр2}}} = \frac{R_3}{R_4}$ – коэффициент симметрии мостовой измерительной схемы.

При относительно небольших изменениях сопротивления $R_{\text{фр1}}(\varepsilon_1 \ll 1)$ выражение статической характеристики можно представить в виде

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{K\varepsilon_1}{(K + 1)^2} \quad (4)$$

Аналогично для делительной схемы (рис.1, а) выходное напряжение $U_{\text{вых}}$, если R_I является сопротивлением приемника излучения (фоторезистора или фотодиода) равно:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_M \cdot K\varepsilon_1}{R_1 + R_2} \quad (5)$$

При изменении $\Phi_0(x)$ сопротивление приемника излучения изменится на $R_1\varepsilon_1$ и станет равным $R_1(1 + \varepsilon_1)$, что приводит к изменению $U_{\text{вых}}$

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_M}{R_1(1 + \varepsilon_1) + R_2} R_1(1 + \varepsilon_1) - \frac{U_M \cdot R_1}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

или

$$U_{\text{вых}} = U_M \frac{k\varepsilon_1}{(k + 1)(k + 1 + k\varepsilon_1)}, \quad (7)$$

что аналогично выражению (3), то есть формулы для мостовой и делительной схем одинаковы.

Если в плечи делительной или мостовой схем при дифференциальной конструкции ОДПВ включаются два приемника излучения, при этом при воздействии входной величины $x_{вх}$ сопротивление одного плеча, например R_1 будет увеличиваться и станет равным $R_1(1 + \varepsilon_1)$ и сопротивление плеча R_2 уменьшится и будет равным $R_2(1 + \varepsilon_2)$, то формула выходного напряжения примет вид (рис.3, в):

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_M \frac{k}{(k+1)} \cdot \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{k+1 + k\varepsilon_1 - \varepsilon_2}, \quad (8)$$

при $k \approx 1; \varepsilon_1 \ll 1$ и $\varepsilon_2 \ll 1$ можно записать

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_M \frac{k}{(k+1)^2} \cdot (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \quad (9)$$

Результаты и обсуждение

Анализ характеристик мостовых схем показывает, что с точки зрения нелинейности, наиболее предпочтительны схемы с двумя и с четырьмя приемниками излучения в плечах схем (рис.3, г).

В связи с тем, что рассматриваемые ОДПВ используются в приборах со встроенными микропроцессорами для согласования выхода ОДПВ с микропроцессором необходима предварительная обработка выходного сигнала: усиление, преобразование выходного напряжения, подавление помех и другое [11, 12, 13, 14].

Одним из важнейших элементов предпроцессорной обработки сигналов ОДПВ являются операционные усилители ОУ (рис.3, г). При этом с помощью операционных усилителей эффективно осуществляется повышение чувствительности статических характеристик ОДПВ и дальнейшее преобразование в дискретную форму.

Для дальнейших расчетов необходимо определить относительные значения e_I в зависимости от изменения суммарного светового потока $\Phi_0(x)$, падающего на приемник излучения преобразователя [10, 15, 16].

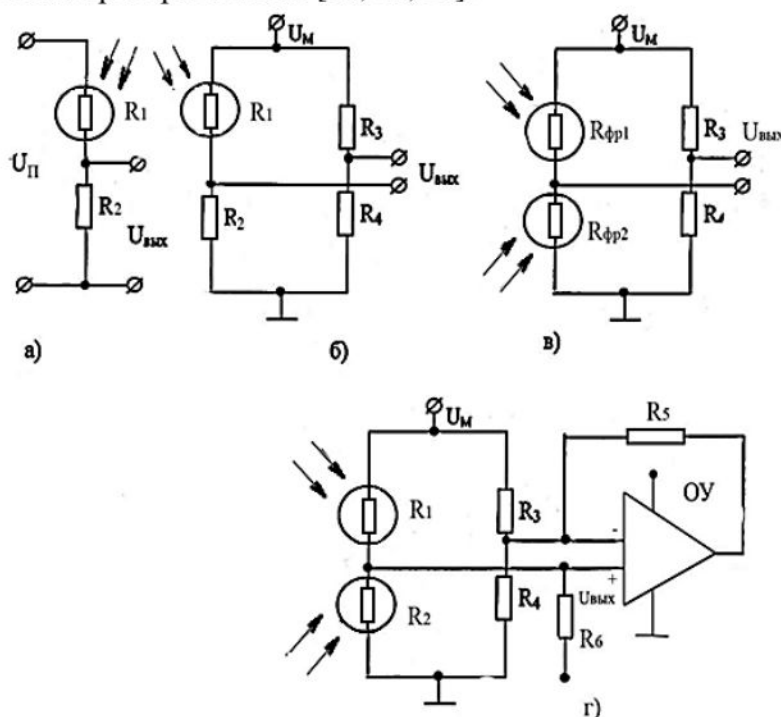


Рис.3. Измерительные схемы ОДПВ: а - делительная; б, в, г – мостовые.

Проанализируем делительную измерительную схему показанную на рис.4, которая аналогична схеме на рис.3, а и может быть рассмотрена как цепочка, состоящая из последовательно соединенных сопротивлений R_2 и $R_{\text{фр1}}$, на которую подается как на всю мостовую схему напряжение питания U_M . В этом случае напряжение $U_{\text{вых}}$ на сопротивлении $R_{\text{фр1}}$ можно найти из выражения:

$$U_{\text{вых}} = U_M - I_{\text{ц}} * R_{\text{фр1}} = R_3 * I_{\text{ц}} \quad (10)$$

где: U_M - напряжение, приложенное к делителю, $I_{\text{ц}}$ - ток в цепи делителя.

Так как величина фототока $I_{\text{ф}}$ есть функция светового потока $\Phi_0(x)$, падающего на приемник излучения и при малых значениях светового потока эта зависимость линейная, то можно записать

$$I_{\text{ф}} = S_{\text{фр1}} * \Phi_0(x), \quad (11)$$

где: $S_{\text{фр1}}$ - интегральная чувствительность $R_{\text{фр1}}$.

Так как величина темнового тока приемника излучения I_T мала по сравнению с $I_{\text{ф}}$, то можно записать:

$$I_T = I_{\text{ф}} \quad (12)$$

с учетом последнего можно записать:

$$\frac{U_M - I_{\text{ф}}R_3}{I_{\text{ф}}} = R_{\text{фр1}} \quad (13)$$

или

$$\frac{U_M}{I_{\text{ф}}} - R_3 = R_{\text{фр1}} \quad (14)$$

Подставив значения $I_{\text{ф}}$ при $x=X_{\text{мин}}$ находим следующее

$$\frac{U_M}{\Phi_0(X_{\text{мин}})} - R_3 = R_{\text{фр1}}(X_{\text{мин}}) \quad (15)$$

при $x=X$,

$$\frac{U_M}{\Phi_0(X)} - R_3 = R_{\text{фр1}}(X) \quad (16)$$

Отсюда можно записать выражение для $\Delta R_{\text{фр1}}$:

$$\Delta R_{\text{фр1}} = R_{\text{фр1}}(X_{\text{мин}}) - R_{\text{фр1}}(X) = \frac{U_M}{S_{\text{фр1}}} * \left[\frac{1}{\Phi_0(X_{\text{мин}})} - \frac{1}{\Phi_0(X)} \right], \quad (17)$$

и

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \Delta R_{\text{фр1}} - R_{\text{фр1}}(X_{\text{мин}}) \\ &= \frac{1 - \Phi_0(X_{\text{мин}})/\Phi_0(X)}{\Phi_0(X)} * \frac{1}{\left\{ 1 - S_1 * \Phi_0(X_{\text{мин}}) * R_3 / U_M \right\}} \end{aligned} \quad (18)$$

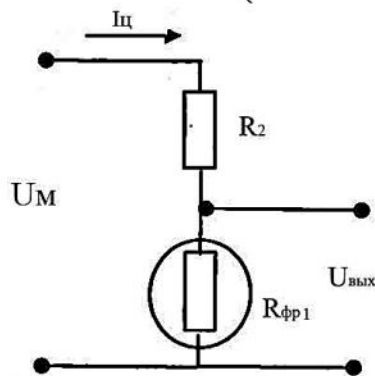


Рис.4. Делительная измерительная схема ОДПВ.

$$U_{\text{вых}} = U_n \frac{K}{(K+1)^2} \cdot \frac{\Delta R_{\text{фр}}}{R_{\text{фр}}} \quad (19)$$

K – коэффициент симметрии моста.

Рассмотрим статическую характеристику ОДПВ с СИИ и полым световодом при продольном перемещении ВМТ, физическая модель которого представлена на рис.5 при его использовании для контроля дискретного уровня жидкости в резервуаре [5, 10, 15, 16].

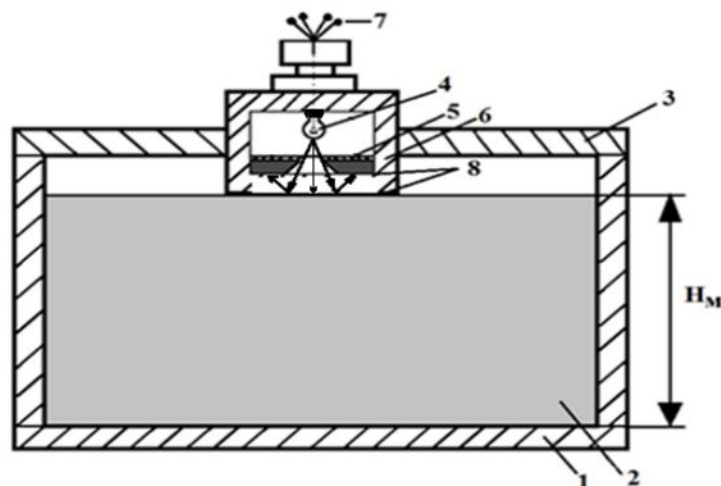


Рис.5. ОДПВ на основе полого световода для дискретного контроля максимального уровня жидкости. 1 – резервуар; 2 – жидкость; 3 – крышка резервуара; 4 – источник излучения; 5 – приемник излучения; 6 – полый световод; 7 – выводные провода; 8 – защитное стекло.

Исследования и расчет по формулам $\Phi_{\Sigma} = \Phi_{\text{пр1}} + \Phi_{\text{отр2}}$ и $S(x) = S_{\text{сектора}} - S_{\Delta}$ показали, что график изменения статической характеристики $\Phi_0 = f(H)$ имеет вид показанный на рис.6, а.

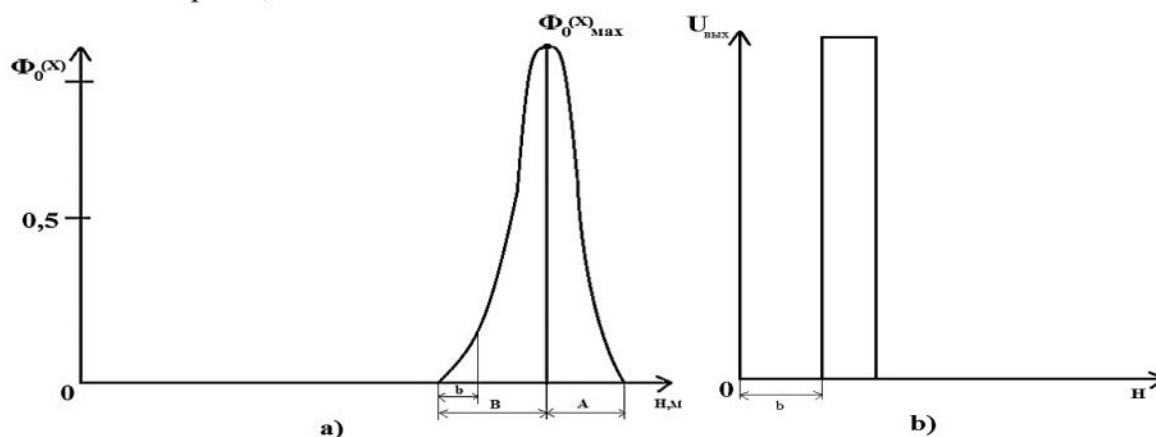


Рис.6. Статическая характеристика ОДПВ (а) и её дискретный вид (б) для контроля максимального уровня жидкости.

Участок А (рис.6, а) статической характеристики составлял $4 \cdot 10^{-3}$ м, а участок В составлял $6 \cdot 10^{-3}$ м. Чувствительность преобразователя на основе ОДПВ определяется из выражения (20).

$$K = \frac{\pi D_0^2}{2x_0} \left(1 + \frac{x}{x_0}\right), \quad (20)$$

Анализ формулы (20) показывает, что для повышения чувствительности ОДПВ на основе полого световода необходимо увеличить D_0 и уменьшить x_0 .

Вывод

Статические характеристики оптоэлектронных дискретных преобразователей определяются на основе совместного рассмотрения, конструкций преобразователей с полыми и волоконными световодами и соответствующей измерительной схемой с приемником излучения. Показано, что в оптоэлектронных дискретных преобразователях перемещений преимущественно используются делительные и мостовые измерительные схемы. Получены статические характеристики релейных оптоэлектронных дискретных преобразователей с сосредоточенными источниками излучения на основе полых и волоконных световодов при продольных и поперечных перемещениях внешнего модулирующего тела.

Использованная литература:

1. Шипулин Ю. Г. и др. Оптоэлектронный преобразователь для автоматических измерений перемещений и размеров //Мир измерений. – 2013. – №. 1. – С. 41-43.
2. АЛМАТАЕВ О. Т. и др. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ РЕФЛЕКТИВНОГО ТИПА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЖИДКОСТНЫХ И ГАЗОВЫХ ПОВЕРОЧНЫХ РАСХОДОМЕРНЫХ УСТАНОВОК //Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. – 2014. – №. 8. – С. 27-34.
3. Хамдамов Б. М. и др. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ //Наука. Образование. Техника. – 2015. – №. 2. – С. 72-82.
4. Жумаев О. А. и др. Задачи разработки и проектирования оптоэлектронных преобразователей для газомерных установок //Вестник Курганского государственного университета. – 2015. – №. 3 (37). – С. 113-116.
5. Азимов Р. К. и др. Морфологический метод структурного проектирования оптоэлектронных преобразователей на основе полых и волоконных световодов (ОЭГТВС) //Современные материалы, техника и технологии в машиностроении». III Международная научно-практическая конференция. – 2016. – С. 15-19.
6. Kholmatov U. THE POSSIBILITY OF APPLYING THE THEORY OF ADAPTIVE IDENTIFICATION TO AUTOMATE MULTI-CONNECTED OBJECTS //The American Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 4. – №. 03. – С. 31-38.
7. Холматов У. С. ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ПРИ ПРОДОЛЬНОМ И ПОПЕРЕЧНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ //НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ МАШИНОСТРОЕНИЕ. – 2022. – №. 1. – С. 78-85.
8. Kholmatov U. OPTIMIZATION OF MATHEMATICAL MODEL OF OPTOELECTRONIC DISCRETE DISPLACEMENT CONVERTER //SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL MACHINE BUILDING. – 2022. – №. 2. – С. 74-82.
9. Kholmatov U. DETERMINATION OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF OPTOELECTRONIC DISCRETE DISPLACEMENT TRANSDUCERS WITH HOLLOW AND FIBER FIBER //SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL MACHINE BUILDING. – 2022. – №. 4. – С. 160-168.
10. Холматов У. С. Определение основных и статические характеристики оптоэлектронных дискретных преобразователей перемещений с полыми и

волоконными светов //НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ МАШИНОСТРОЕНИЕ. – 2022. – №. 5. – С. 711-719.

11. Холматов У. С. Определение основных теории адаптивной идентификации для автоматизации многосвязных объектов //Namangan muhandislik texnologiya instituti ILMIY-TEXNIKA JURNALI. – 2022. – №. 1/7. – С. 544-550.

12. Kholmatov U. Intelligent discrete systems for monitoring and control of the parameters of technological processes on the basis of fiber and hollow fiber //Monograph.– 2022.–С. – 2022. – С. 5-114

13. Шипулин Ю. Г., Холматов У. С. Интеллектуальные дискретные системы для контроля и управления параметрами технологических процессов на основе волоконных и полых световодов //Монография, Андижан.–2018.–С. – 2018. – С. 1-140.

14. Холматов У. С. Анализ шумовых факторов в волоконных и полых оптических датчиках информационно-измерительных систем //Международной научно-практической конференции на тему “Технология новых материалов: перспективы развития полимерных композиционных материалов, применяемых в машиностроении”. Андижан. – 2022. – С. 197-201.

15. Холматов У. С. СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ДИСКРЕТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И РАЗМЕРОВ //НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ МАШИНОСТРОЕНИЕ. – 2023. – №. 2. – С. 190-201.

16. Zhumaev O. A. et al. PROBLEMS OF OPTOELECTRONIC TRANSDUCERS FOR GAS-MEASURING INSTALLATIONS DESIGN AND DEVELOPMENT //ВЕСТНИК. – С. 113.