

Д. О. Півторак¹
 О. М. Павловський¹
 І. М. Платов¹

ПЕРЕТВОРЮВАЧ ІНФОРМАЦІЙНОГО СИГНАЛУ В ОПІР ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ

¹Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для побудови автоматичних і автоматизованих систем керування технологічними процесами широко використовуються потенціометричні сенсори. У потенціометричних сенсорах вихідним сигналом є опір, значення якого залежить від величини вхідного сигналу. Як вхідний сигнал, зазвичай використовуються: напруга, струм, кутове чи лінійне переміщення або ж інші фізичні величини. На практиці часто постає завдання імітації сигналу, що надходить від вбудованого потенціометричного сенсора. Для імітації сигналу цього сенсора може бути використаний додатковий потенціометричний сенсор, що дозволяє задати необхідне значення опору за допомогою зміни будь-якого зовнішнього параметра.

Розглянуто принцип побудови перетворювача інформаційного сигналу в опір, який дозволяє імітувати потенціометричні сенсори стану контрольованої системи.

Для виготовлення перетворювача інформаційного сигналу в опір використовуються два фоторезистори, які підбирають з близькими параметрами і встановлюють їх таким чином, що б вони були оптично зв'язані з джерелом оптичного випромінювання, а освітленість на чутливих площадках фоторезисторів була практично однаковою і змінювалася б пропорційно зміні яскравості світіння джерела оптичного випромінювання. У цьому випадку значення опорів обох фоторезисторів будуть практично однаковими за будь-яких значень яскравості світіння джерела оптичного випромінювання.

В схемі використовується обчислювач, який здійснює вимірювання величини опору другого фоторезистора, порівнює його з необхідною величиною опору і подає сигнал на пристрій керування оптичним елементом з дистанційно змінним коефіцієнтом пропускання, який, впливаючи на світловий потік, синхронно змінює освітленість чутливих площадок обох фоторезисторів, змінюючи таким чином їх опір. Змінення відбувається до досягнення рівності між вимірним значенням опору другого фоторезистора і заданим значенням. А позаяк опори обох фоторезисторів змінюються синхронно, то опір вимірюваного споживачем інформації фоторезистора буде відповідати необхідному.

Ключові слова: перетворювач, сигнал, опір, фоторезистор.

Вступ

Для побудови автоматичних і автоматизованих систем керування технологічними процесами широко використовуються потенціометричні сенсори. У потенціометричних сенсорах значення вихідного параметра (опору) залежить від значення вхідного параметра (кута повороту, положення, температури, освітленості, механічного напруження, цифрового коду тощо) [1]. При цьому часто виникає необхідність імітації сигналу, що надходить з вбудованого потенціометричного сенсора (до прикладу, для проведення контролю і діагностики правильності роботи системи, що використовує дані з потенціометричних сенсорів). Для імітації сигналу вбудованого сенсора може бути використаний додатковий потенціометричний сенсор, що дозволяє задати необхідне значення опору за допомогою зміни будь-якого зовнішнього параметра (наприклад, величини напруги). При цьому, зазвичай, вимагається відсутність електричного контакту між виходами сенсора і іншими елементами системи (забезпечення гальванічної розв'язки).

Найпоширеніший на практиці спосіб перетворення інформаційного сигналу в опір пов'язаний з використанням змінних резисторів з рухомих середнім контактом, які дозволяють дистанційно встановити необхідний опір між виходами. Разом з тим цей тип змінних резисторів має рухливий контакт, а їх використання для побудови перетворювачів напруги в опір припускають наявність додаткових слідкувальних пристроїв.

Універсальний підхід до побудови перетворювачів інформаційного сигналу в опір полягає у використанні цифрових потенціометрів [2]. У цифрових потенціометрах вихідний параметр (опір) може задаватися за допомогою цифрового коду, з використанням додаткових схем АЦП та за допомогою напруги. На такому принципі побудовані перетворювачі напруга-опір для контролю електричних медичних виробів ПНС-ГФ [3], які призначені для визначення метрологічних характеристик приладів та систем імпедансних вимірювань (реографів, реоплетизмографів, реоаналізаторів, засобів електропунктурної діагностики) для їх випробувань, налаштувань та сервісного обслуговування. Однак, використання цифрових потенціометрів на практиці не завжди може бути виправдане за обмеженого часу на розробку та виробництво системи через певну складність їх застосування та постачання комплектуючих.

Альтернативою використанню цифрових потенціометрів у перетворювачах інформаційного сигналу в опір є застосування оптоелектронних пристроїв [4], що забезпечують необхідну гальванічну розв'язку. У найпростішому випадку, такий перетворювач складається з керованого джерела оптичного випромінювання і оптично сполученого з ним фоторезистора (рис. 1).

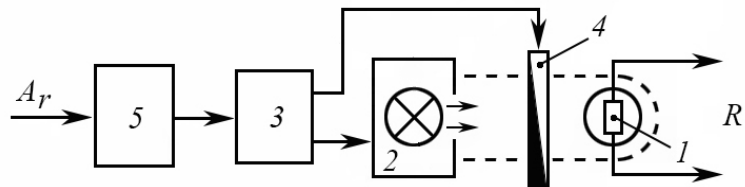


Рис. 1. Функціональна схема перетворювача інформаційного сигналу в опір: 1 — фоторезистор; 2 — джерело оптичного випромінювання; 3 — модулятор оптичного випромінювання; 4 — елемент зі змінним коефіцієнтом пропускання; 5 — пристрій керування модулятором

Як параметри вхідного сигналу цього перетворювача (на схемі позначений A_r) можуть використовуватися значення напруги, струму, кута повороту тощо, при цьому параметром вихідного сигналу є опір R' , рівний опору фоторезистора 1.

Опір фоторезистора 1 R_{FR1} залежить від значень низки зовнішніх чинників, основними з яких є освітленість його чутливої площадки E'_{FR4} і його температура T°_{FR4}

$$R_{FR4} = R_{FR4}(E'_{FR1}, T^{\circ}_{FR4}). \quad (1)$$

При цьому освітленість чутливої площадки фоторезистора 1 E'_{FR4} залежить, насамперед, від яскравості джерела оптичного випромінювання 2 L_{I2} і коефіцієнта пропускання середовища 4 між джерелом оптичного випромінювання 2 і фоторезистором 1 τ_4

$$E'_{FR1} = E'_{FR1}(L_{I2}, \tau_4). \quad (2)$$

Яскравість джерела оптичного випромінювання 2 L_{I2} залежить від конструктивних особливостей побудови джерела, принципу його дії. За використання як джерела оптичного випромінювання ламп розжарювання і люмінесцентних ламп, яскравість світіння визначається прикладеною напругою U_2 , у світлодіодів — струмом, що протікає I_2 . Крім того, у багатьох джерел оптичного випромінювання спостерігається суттєва зміна яскравості в залежності від часу експлуатації t_2 .

$$L_{I2} = L_{I2}(U_2, I_2, t_2). \quad (3)$$

Таким чином, використання для побудови перетворювача, керованого світловим потоком фоторезистора, дозволяє побудувати імітатор сигналу вбудованого потенціометричного сенсора системи керування, в якому забезпечена гальванічна розв'язка виходів від інших елементів системи. При цьому, необхідне значення опору може бути задано шляхом зміни яскравості джерела оптичного випромінювання і коефіцієнта пропускання середовища між джерелом випромінювання і фоторезистором. Разом з тим, сильна залежність параметрів елементів, які входять в схему, від зовнішніх впливів (температури, часу роботи і т.д.) знижує точність перетворення.

Метою статті є розробка такого перетворювача інформаційного сигналу в опір, який дозволяє імітувати потенціометричні сенсори стану контрольованої системи.

Принцип побудови перетворювача інформаційного сигналу в опір

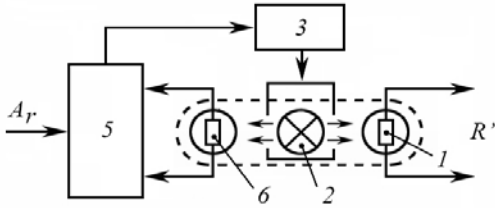


Рис. 2. Функціональна схема пропонованого перетворювача інформаційного сигналу в опір: 1, 6 — фоторезистори, 2 — джерело оптичного випромінювання, 3 — модулятор оптичного випромінювання, 5 — пристрій керування модулятором

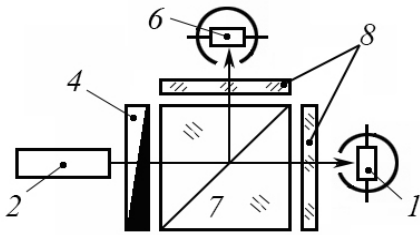


Рис. 3. Схема оптичного сполучення фоторезисторів з довільним джерелом оптичного випромінювання: 1, 6 — фоторезистори, 2 — джерело оптичного випромінювання, 4 — модулятор оптичного випромінювання у вигляді елемента зі змінним коефіцієнтом пропускання, 7 — світлоділильна призма, 8 — нейтральні світлофільтри

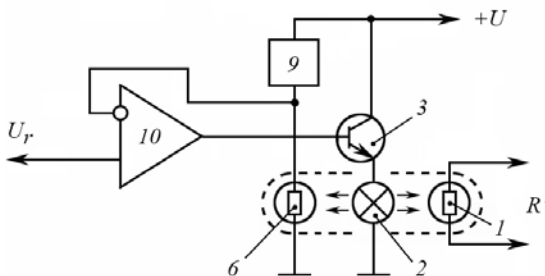


Рис. 4. Функціональна схема запропонованого перетворювача напруги в опір: 1, 6 — фоторезистори; 2 — джерело оптичного випромінювання; 3 — модулятор оптичного випромінювання у вигляді транзистора; 9 — стабілізатор струму; 10 — операційний підсилювач

В цьому перетворювачі як джерело оптичного випромінювання 2 використовується випромінювач, яскравість світіння якого залежить від прикладеної напруги або струму, наприклад, лампа розжарювання або світлодіодний випромінювач. Операційний підсилювач 10 разом зі стабілізатором струму 9 складають пристрій керування модулятором.

З надходженням напруги $+U$ від джерела живлення, напруга на фоторезисторі 6 дорівнюватиме

$$U_{FR6} = I_{ST} \cdot R_{FR6}, \quad (4)$$

де U_{FR6} — напруга на фоторезисторі 6; I_{ST} — струм через фоторезистор 6, що задається стабілізатором струму 9.

Ця напруга подається на інвертуючий вхід операційного підсилювача 10, де порівнюється з вхідною керувальною напругою U_r на його прямому вході. Коли напруга $U_{FR6} > U_r$, напруга на виході операційного підсилювача 10 збільшиться, збільшивши тим самим струм, що протікає через транзистор 3, і напругу на джерелі оптичного випромінювання 2 і, як наслідок, яскравість. Збіль-

Для підвищення точності перетворення значення інформаційного сигналу в опір пропонується використовувати два ідентичних фоторезистора, які оптично пов'язані з джерелом оптичного випромінювання [5].

Функціональна схема пропонованого перетворювача показана на рис. 2.

Для створення перетворювача підбираються фоторезистори з максимально близькими параметрами і встановлюються таким чином, щоби освітленість на їхніх чутливих площадках була практично однаковою і змінювалася пропорційно зміні яскравості світіння джерела оптичного випромінювання 2. У цьому випадку опори обох фоторезисторів будуть практично однаковими за будь-яких значень яскравості джерела оптичного випромінювання 2.

Опір фоторезистора 1 є вихідним сигналом перетворювача, а опір фоторезистора 6 вимірюється слідкувальною схемою пристрою керування модулятором 5, яка, впливаючи на модулятор 3, змінює освітленість на фоторезисторах до досягнення заданої величини їхнього опору.

В якості джерела оптичного випромінювання можуть використовуватися безперервні лазери, світлодіоди, традиційні лампи. На рис. 3 показана можлива схема оптичного сполучення фоторезисторів з довільним джерелом оптичного випромінювання.

Світловий потік, що надходить від джерела оптичного випромінювання 2, розділяється світлоділильною призмою на дві частини, що направляються, відповідно на фоторезистори 1 і 6. Нейтральні світлофільтри 8 призначені для вирівнювання освітленостей на чутливих площадках фоторезисторів. Якщо управління освітленістю фоторезисторів планується здійснювати шляхом зміни коефіцієнта пропускання середовища між джерелом оптичного випромінювання і фоторезисторами, використовується модулятор 4. Модулятор 4 може бути фотометричним клином [6] або прозорим елементом, який використовує поляризаційний ефект (наприклад, поляризатор-аналізатор) [7] або елементом, який використовує магнітооптичний ефект [8].

Функціональна схема варіанта пропонованого перетворювача напруга-опір показана на рис. 4.

шення яскравості джерела оптичного випромінювання 2 приведе до збільшення освітленості чутливих площадок фоторезисторів 1 і 6 і зменшення їх опору. У свою чергу, це приведе до зниження напруги U_{FR6} , аж до виконання рівності $U_{FR6} = U_r$.

Таким чином, запропонована схема сенсора дозволяє отримати необхідне значення опору фоторезистора, пропорційне значенню керуючої напруги відповідно до залежності

$$R_{FR} = R_{FR6} = \frac{U_r}{I_{ST}}, \quad (5)$$

де R_{FR} — опір фоторезистора за вхідної напруги U_r .

Схема запропонованого перетворювача працездатна в разі застосування традиційних фоторезисторів, у яких опір зменшується зі збільшенням освітленості. У разі, якщо в схемі будуть використовуватися фоторезистори зі світловою характеристикою, яка передбачає зростання опору у разі збільшення освітленості їх чутливих майданчиків, напругу U_r слід подавати на інвертуючий вхід операційного підсилювача 10, а напругу U_{FR6} — на прямий вхід.

Запропонований перетворювач інформаційного сигналу в опір для системи автоматичного контролю має низьку температурну похибку, позаяк зміна опору обох фоторезисторів, викликана зміною температури навколишнього середовища, буде відбуватися синхронно і автоматично компенсуватися слідкувальною схемою. Аналогічно слідкувальною системою будуть компенсуватися температурні зміни яскравості джерела оптичного випромінювання.

Висновок

Запропоновано принцип побудови такого перетворювача інформаційного сигналу в опір, який дозволяє імітувати потенціометричні сенсори стану контрольованої системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. С. Ишков, и А. И. Цыганков, «Повышения качества и надежности прецизионных потенциометров», *Труды Международного симпозиума «Надежность и качество»*, т. 2, с. 136-138, 2016.
- [2] *Digital Potentiometer Family Selection Guide*. AD5207 — 2-channel 256-position digital potentiometer – datasheet (Technical report). Analog Devices, 2001. [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD5207.pdf>.
- [3] Преобразователи напряжение-сопротивление для контроля электрических медицинских изделий ПНС-ГФ, 2002. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/23213-02-pns-gf-20197>.
- [4] А. П. Подолян, и С. В. Пудрий, *Экспониметрические системы аэрофотоаппаратов*. Киев, Україна: КИ ВВС, 1994.
- [5] О. М. Павловський, Д. О. Півторак, і І. М. Платов, «Потенціометричний датчик автоматичної системи керування», *Патент України G05B 19/07 (2006.1), G01L 5/163 (2020.01) №148640*, 01.09.2021.
- [6] А. А. Шишловский, *Прикладная физическая оптика*. Москва, Россия: Физматгиз, 1961.
- [7] С. И. Кузнецов, *Физика: оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы*, учеб. пос. для вузов. Москва, Россия: изд-во Юрайт, 2018.
- [8] Н. И. Калитеевский, *Волновая оптика*, учеб. пос., 4-е изд., стер. СПб, Россия: изд-во «Лань», 2006.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 29.07.2021

Півторак Діана Олександрівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри приладів і систем орієнтації та навігації, e-mail: p_diana@i.ua ;

Павловський Олексій Михайлович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри приладів і систем орієнтації та навігації;

Платов Ілля Михайлович — студент приладобудівного факультету.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ

D. O. Pivtorak¹
O. M. Pavlovskiy¹
I. M. Platov¹

Information Signal Converter in Resistance for Automatic Control System

¹National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Potentiometric sensors are widely used in the construction of automatic and automated process control systems. In potentiometric sensors, resistance is the output signal and its values depend on the magnitude of the input signal. As the input signal, voltage, current, digital code, angle of rotation, displacement or other signal is usually used. In practice, the task of

simulating of the signal which is coming from the built-in potentiometric sensor is often appeared. An additional potentiometric sensor can be used to simulate the signal of the built-in sensor, which allows to set the required resistance value by changing any external parameter.

The principle of constructing an information signal-to-resistance converter which allows to simulate the potentiometric sensor of the state of the system which is controlled is considered in this article.

Two photoresistors are used to make an information signal to resistance converter, which are selected with similar parameters and set so that they are optically connected to the optical radiation source, and the illumination on the sensitive areas of the photoresistors was almost the same varying in proportion to the change in the brightness of the optical radiation source. In this case, the values of the resistances of both photoresistors will be almost the same at any values of the brightness of the optical radiation source.

A calculator that measures the resistance value of the second photoresistor, compares it with the required resistance value and sends a signal to the control device of an optical element with a remotely variable transmittance, which, influencing the luminous flux, synchronously changes the illuminance of the sensitive areas of both photoresistors, thus changing their resistance is used in this circuit. The change is occurring till the equality between the measured value of the resistance of the second photoresistor and the specified value. And since the resistances of both photoresistors change synchronously, the resistance of the photoresistor, measured by the consumer of information, will correspond to the required value.

Keywords: converter, signal, resistance, photoresistor.

Pivtorak Diana O. — Cand. Sc.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Instrumentation and Orientation and Navigation Systems, e-mail: p_diana@i.ua ;

Pavlovskiy Oleksii M. — Cand. Sc.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Instrumentation and Orientation and Navigation Systems;

Platov Illia M. — Student of the Department of Instrument-Making

Д. А. Пивторак¹
А. М. Павловский¹
И. М. Платов¹

Преобразователь информационного сигнала в сопротивление для системы автоматического контроля

¹Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

При построении автоматических и автоматизированных систем управления технологическими процессами широко используются потенциометрические сенсоры. В потенциометрических сенсорах выходным сигналом является сопротивление, значение которого зависит от величины входного сигнала. В качестве входного сигнала, обычно используются напряжение, ток, цифровой код, угол поворота, перемещение или другие физические величины. На практике часто возникает задача имитации сигнала, идущего со встроенного потенциометрического сенсора. Для имитации сигнала этого сенсора может быть использован дополнительный потенциометрический сенсор, позволяющий задать требуемое значение сопротивления с помощью изменения любого внешнего параметра.

Рассмотрен принцип построения преобразователя информационного сигнала в сопротивление, позволяющий имитировать потенциометрические сенсоры состояния контролируемой системы.

Для изготовления преобразователя информационного сигнала в сопротивление используются два фоторезистора, которые подбирают с близкими параметрами и устанавливают их таким образом, чтобы они были оптически сопряжены с источником оптического излучения, а освещенность на чувствительных площадках фоторезисторов была практически одинаковой и изменялась пропорционально изменению яркости свечения источника оптического излучения. В этом случае значения сопротивлений обоих фоторезисторов будут практически одинаковыми при любых значениях яркости свечения источника оптического излучения.

В схеме используется вычислитель, который осуществляет измерение величины сопротивления второго фоторезистора, сравнивает его с требуемой величиной сопротивления и подает сигнал на устройство управления оптическим элементом с дистанционно изменяемым коэффициентом пропускания, который, воздействуя на световой поток, синхронно меняет освещенность чувствительных площадок обоих фоторезисторов, изменяя, таким образом, их сопротивление. Изменения происходят до достижения равенства между измеренным значением сопротивления второго фоторезистора и заданным значением. А так как сопротивления обоих фоторезисторов меняются синхронно, то сопротивление измеряемого потребителем информации фоторезистора, будет соответствовать требуемому.

Ключевые слова: преобразователь, сигнал, сопротивление, фоторезистор.

Пивторак Диана Александровна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры приборов и систем ориентации и навигации, e-mail: p_diana@i.ua ;

Павловский Алексей Михайлович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры приборов и систем ориентации и навигации;

Платов Илья Михайлович — студент приборостроительного факультета