

Ш. Ю. ШИПУЛИН, М. Ф. ОБАДИ

**ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
НА ОСНОВЕ ПОЛУКОЛЬЦЕВЫХ ФОТОРЕЗИСТОРОВ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ УГЛА ПОВОРОТА ФЛЮГЕРА**

Рассмотрена измерительная схема оптоэлектронного преобразователя флюгерной системы. Используются полукольцевые фоторезисторы для контроля направления горизонтального ветра. Приведены физическая и математическая модели оптоэлектронного преобразователя.

Ключевые слова: оптоэлектронный преобразователь, фоторезистор, микропроцессорная измерительная схема.

Преобразователи угла поворота флюгеров широко применяются для контроля направления горизонтального ветра в метеорологии, а также с целью обеспечения безопасности различных строительных конструкций и техногенных объектов.

Большинство преобразователей угла поворота флюгеров на основе электромагнитных элементов [1], реостатных преобразователей с подвижными контактами [2] и др. имеют невысокую надежность из-за скользящих контактов и сложную конструкцию с измерительной схемой.

Качество преобразователей углов поворота флюгера можно существенно повысить, разрабатывая их на основе полукольцевых фоторезисторных элементов. Авторами предложена новая конструкция [3] оптоэлектронного преобразователя углов поворота флюгера в декартовых координатах в диапазоне $0\text{--}360^\circ$ (рис. 1), в которой стержень поворота 2 флюгера 1 помещен в неподвижный кольцеобразный источник излучения 3, расположенный между неподвижными верхними (ΦP_1 и ΦP_2) и нижними (ΦP_3 и ΦP_4) полукольцевыми фоторезисторами, соединенными в кольцо. Эти фоторезисторы смещены друг относительно друга на 90° , между источником 3 и приемниками излучения расположены одинаковые полудисковые оптические экраны $ОЭ_1$ и $ОЭ_2$, жестко закрепленные на стержне флюгера 2.

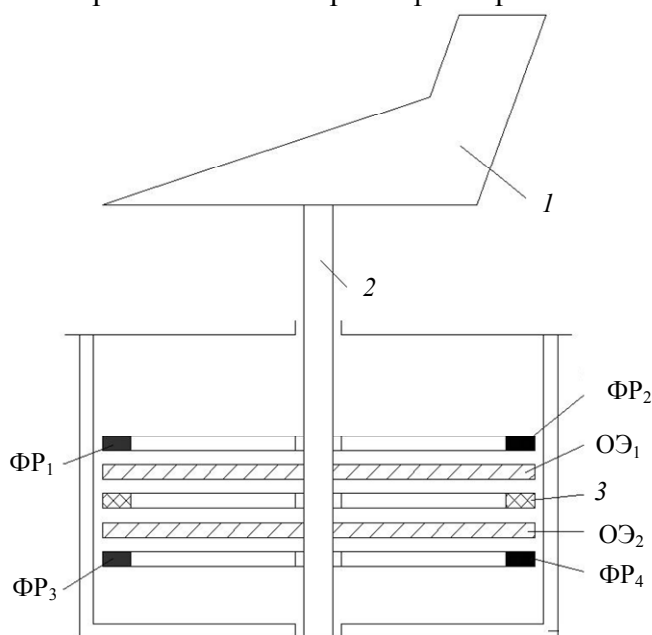


Рис. 1

На рис. 2 приведена физическая модель полукольцевых фоторезисторов ΦP_1 и ΦP_2 с оптическим полудисковым экраном $OЭ_1$, при этом равномерно распределенный источник излучения освещает плоскость чертежа. Обозначим темновые сопротивления ΦP_1 и ΦP_2 через ΦP_{1T} и ΦP_{2T} , а световые сопротивления — через ΦP_{1c} ΦP_{2c} . Введем значение темнового сопротивления r_T на единицу угла поворота, считая, что

$$R_{\Phi P_{1T}} = R_{\Phi P_{2T}} = R_{\Phi P_T}, \quad (1)$$

$$r_T = \frac{R_{\Phi P_T}}{180}. \quad (2)$$

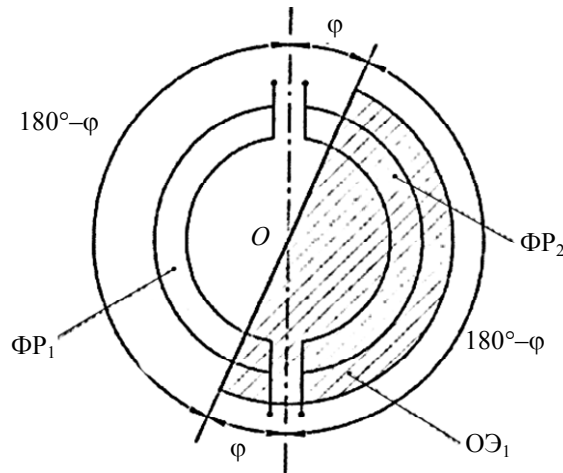


Рис. 2

Аналогично считаем, что значение светового сопротивления r_c на единицу угла поворота равно

$$R_{\Phi P_{1c}} = R_{\Phi P_{2c}} = R_{\Phi P_c}, \quad (3)$$

$$r_c = \frac{R_{\Phi P_c}}{180}. \quad (4)$$

При повороте оптического экрана $OЭ_1$ (рис. 2) на угол φ по часовой стрелке суммарное сопротивление фоторезистора будет равно

$$R_{\Phi P_1}(\varphi) = r_T \varphi + r_c (180 - \varphi) = \varphi(r_T - r_c) + r_c 180. \quad (5)$$

При повороте на угол φ оптического экрана $OЭ_1$

$$R_{\Phi P_2}(\varphi) = r_c \varphi + r_T (180 - \varphi). \quad (6)$$

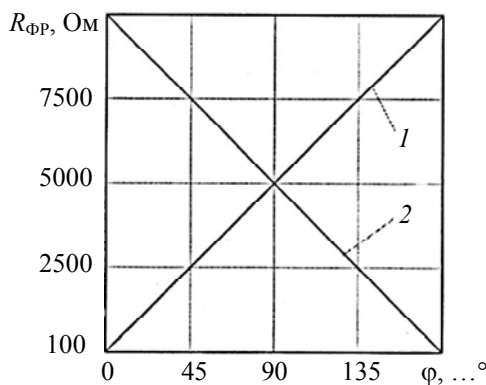


Рис. 3

На рис. 3 (1 — ΦP_1 , 2 — ΦP_2 ; поворот оптического экрана $OЭ_1$ на угол φ по часовой стрелке) представлено изменение сопротивлений фоторезисторов при следующих исходных данных: $R_{\Phi P_T} = 10\,000$; $R_{\Phi P_c} = 100$ Ом; $r_c = 0,55$; $r_T = 55,55$ Ом/град. Анализ графиков показывает, что при одинаковых структурах и геометрических размерах сопротивление полукольцевых фоторезисторов $R_{\Phi P_1}$ и $R_{\Phi P_2}$ изменяется линейно при углах поворота экрана $OЭ_1$ $0-180^\circ$, при этом $R_{\Phi P_1}$ изменяется с 100 до 10 000 Ом, а $R_{\Phi P_2}$ — с 0,1 до 100 МОм.

На рис. 4 приведена измерительная схема опто-электронного преобразователя угла поворота флюгера ($R_{\Phi P_1} - R_{\Phi P_4}$ — сопротивления полукольцевых фоторезисторов, сдвинутых относительно друг друга на 90° ; $R_5 - R_8$ — сопротивления плечей мостов; $ЭУ_1$ $ЭУ_2$ — электронные усилители;

АЦП₁ АЦП₂ — аналого-цифровые преобразователи; МП — микропроцессор; УОИ — устройство (экран) для отображения величины и направления угла поворота флюгера; U_1 , U_2 — напряжения питания мостов; U_3 и U_4 — выходные напряжения мостов). Четыре полукольцевых фоторезистора включены попарно в плечи двух мостовых схем (рис. 4), выходы которых через ЭУ₁ и ЭУ₂ и АЦП₁ и АЦП₂ подключены к МП и УОИ [3].

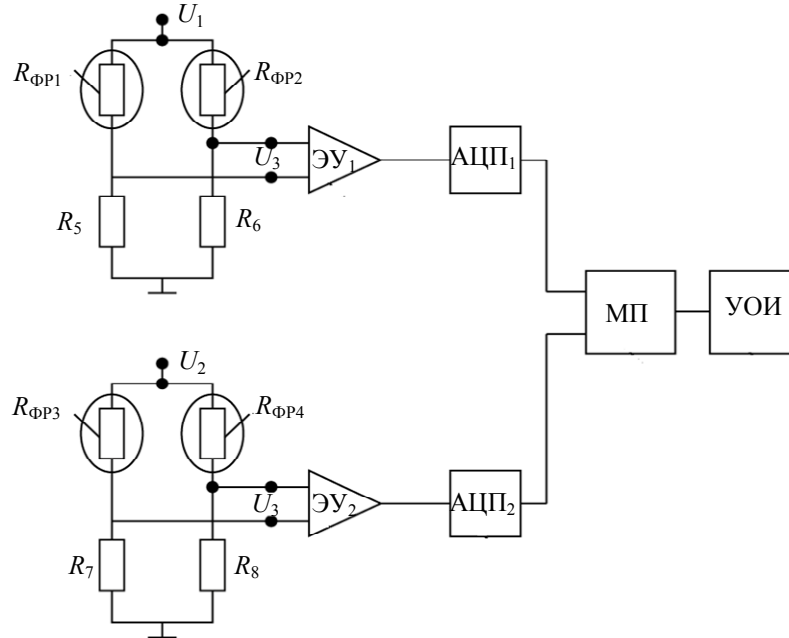


Рис. 4

Выходные напряжения мостовых схем (рис. 4) определяются из следующих выражений:

$$U_3 = U_1 \frac{R_{\text{ФР}1} R_6 - R_{\text{ФР}2} R_5}{(R_{\text{ФР}1} + R_{\text{ФР}2})(R_5 + R_6)}, \quad (7)$$

$$U_4 = U_2 \frac{R_{\text{ФР}3} R_8 - R_{\text{ФР}4} R_7}{(R_{\text{ФР}3} + R_{\text{ФР}4})(R_7 + R_8)}, \quad (8)$$

Выходное напряжение первой мостовой схемы (см. рис. 4), согласно (7), $U_3=0$ (т.е. имеет минимальное значение), так как $R_{\text{ФР}1}=R_{\text{ФР}2}$, выходное напряжение второй мостовой схемы имеет максимальные значения $U_4=U_{4\text{max}}$, поскольку $R_{\text{ФР}3}$ полностью освещен (100 Ом), а $R_{\text{ФР}4}$ полностью затемнен (10 000 Ом). Так как плоскости расположения ФР_1 и ФР_2 , а также ФР_3 и ФР_4 сдвинуты на 90° , а ОЭ₁ и ОЭ₂ установлены одинаковым образом в параллельных плоскостях (между кольцевым источником излучения 3, см. рис. 1, и соответственно парами ФР_1 , ФР_2 , ФР_3 , ФР_4), при повороте флюгера I с оптическими экранами ОЭ₁ и ОЭ₂ на угол φ из-за изменения сопротивлений фоторезисторов ФР_1 — ФР_4 изменяются выходные напряжения мостовых схем U_3 и U_4 , которые при $\varphi=0$ — 360° неоднократно переходят через нулевые значения и изменяют свои знаки. Изменения напряжения U_3 и U_4 можно отобразить в двухкоординатной системе на экране УОИ (см. таблицу). Параметры угла поворота флюгера определяются как

$$\varphi = \arctg \frac{U_3}{U_4}, \quad (9)$$

$$OA = \sqrt{U_3^2 + U_4^2}. \quad (10)$$

$\varphi, \dots^\circ$	$U_3, \text{В}$	$U_4, \text{В}$	Направление в двухкоординатной системе на экране
0	0	$U_{4 \max}$	
90	$U_{3 \max}$	0	
180	0	$-U_{4 \max}$	
270	$-U_{3 \max}$	0	

В заключение отметим, что полукольцевые фоторезисторы могут быть изготовлены на основе полупроводникового материала CdSe, нанесенного путем термического испарения в вакууме на прозрачную кольцеобразную подложку, а в качестве электродов можно использовать индий или алюминий, при этом диаметр полукольца может составлять 20 мм, а ширина электродов 2 мм. Кольцевой источник излучения должен иметь большую яркость. Разработанный оптоэлектронный преобразователь имеет диапазон 360° и погрешность угла поворота флюгера не превышает 0,5 %.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (НШ-2357.2014.8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слесинок В. П. Прибор контроля направлении и скорости ветра. Патент RUN210756 ClG01 W1/02. Оpubл. 10.01.1998.
2. Брагин В. Е., Кудрявцев Л. С., Левашкин В. Е. Устройство для определения направления и скорости ветра. Патент RUN2073872 ClG01 P5.06. Оpubл. 20.02.1997.
3. Азимов Р. К., Шипулин Ю. Г., Райимжонова О. С. Устройство для измерения скорости и определения направления горизонтального ветра. Патент UZI AP 04754. Оpubл. 30.09.2013.

Сведения об авторах

Шухрат Юрьевич Шипулин

— соискатель; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; E-mail: sshukhrat@yahoo.com

Мехдхар Фадхль Ахмед Обади

— аспирант; Юго-Западный государственный университет, кафедра вычислительной техники, Курск; E-mail: mehdar@mail.ru

Рекомендована Юго-Западным
государственным университетом

Поступила в редакцию
10.09.14 г.