

А. А. АФАНАСЬЕВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОЧУВСТВЛЕННОГО ЗАХВАТА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Аннотация

Разработана и исследована математическая модель функции преобразования оптико-электронного измерительного преобразователя очувствленного захвата промышленного робота. Показано, что при полом деформируемом канале, имеющем цилиндрическую форму и передающем излучение от источника к фотоприемнику, зависимость выходного сигнала преобразователя от усилия сжатия квазилинейна, что обеспечивает практически одинаковую чувствительность как при малых, так и при больших усилиях сжатия.

Ключевые слова: захват промышленного робота, усилие сжатия объекта, оптико-электронный измерительный преобразователь, функция преобразования.

В настоящее время совершенствование производственных процессов идет по пути их автоматизации, позволяя повысить их производительность и качество выпускаемой продукции, а также снизить затраты на производство. Промышленные роботы и манипуляторы являются ключевыми элементами автоматизации, широко используемыми для выполнения различных технологических операций. Одной из задач, которые выполняются роботами, является захват и сжатие объекта для выполнения над ним определенных действий. Для контроля этого процесса разработано устройство, способное измерять усилие сжатия объекта для его удержания, не подвергая объект деформации или разрушению [1].

Захват промышленного робота с датчиком усилия сжатия содержит зажимы 1 и 2, губки 3 и 4, выполненные из однородного эластичного деформируемого материала, хорошо поглощающего свет, например каучука, и приклеенные к зажимам 1 и 2 соответственно, полый канал 6, имеющийся, например, в губке 3 и расположенный перпендикулярно направлению усилия сжатия $F_{сж}$, напротив концов которого в зажиме закреплен с одной стороны источник электромагнитного излучения, например светодиод 5, а с другой стороны – фотоприемник 8 (рис. 1).

Устройство работает следующим образом. В исходном состоянии перед взятием объекта 7 губки 3 и 4 не деформированы, и электромагнитное излучение от источника излучения (светодиода или полупроводникового лазера) 5 свободно проходит через полый канал 6 и попадает на фотоприемник 8, в котором преобразуется в электрический сигнал. При захвате и сжатии

объекта 7 губки 3 и 4 деформируются, происходит изгибание полого канала 6 или даже его перекрытие, что приводит к уменьшению потока излучения,

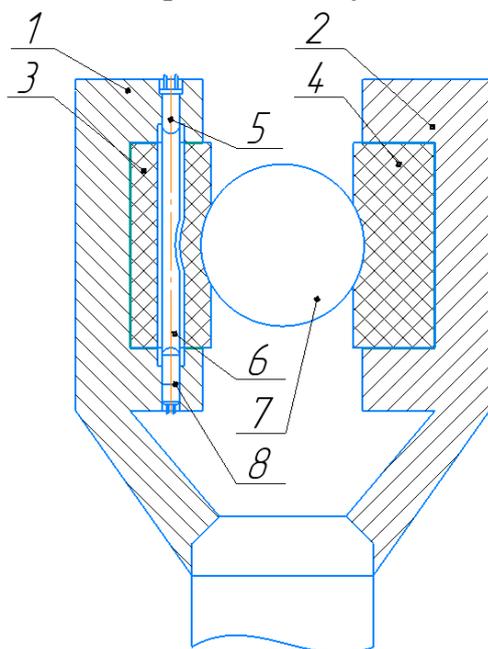


Рис. 1. Захват промышленного робота с оптико-электронным измерительным преобразователем усилия сжатия

падающего на фотоприемник 8, и, следовательно, уменьшению электрического тока, протекающего через него. По величине электрического тока, протекающего через фотоприемник 8, судят о величине усилия сжатия зажимами захвата объекта 7. После освобождения объекта 7 из зажимов 1 и 2 губки 3, 4 и полый канал 6 возвращаются в исходное состояние.

Для исследования зависимости падающего на фотоприемник 8 потока излучения от степени перекрытия полого канала 6 разработаем математическую модель измерительного преобразователя в виде функциональной зависимости

$$F(X_t) / F_0, \quad (1)$$

где $F(X_t)$ – зависимость светового потока на выходе канала 6 от его перекрытия под воздействием усилия сжатия; X_t – поперечное смещение деформируемой стенки полого канала 6; F_0 – поток излучения на входе канала 6.

Нахождение функциональной зависимости (1) сводится к нахождению функциональной зависимости

$$S(X_t) / S_0, \quad (2)$$

где $S(X_t)$ – площадь перекрытия канала 6; S_0 – площадь светового пятна, падающего на фотоприемник 8.

Световой поток F , падающий на произвольную площадку площадью S по нормали к ее поверхности, определяется из соотношения

$$F = E \cdot S, \quad (3)$$

где E – освещенность светочувствительной площадки фотоприемника.

Поток на выходе источника излучения принимаем равным F_0 . Для того, чтобы определить долю света, попадающего на фотоприемник, необходимо рассчитать освещенность E на его светочувствительной поверхности и площадь прохождения потока излучения через канал $S(X_t)$.

Расчет освещенности выполним из условия сохранения светового потока при распространении в пустом изотропном пространстве, где отсутствует поглощение и рассеяние света. Это означает, что на любом расстоянии от источника с площадью сечения S_0 проходит тот же поток F_0 . В результате освещенность светового пятна E равна

$$E = F_0 / S_0 \quad (4)$$

и зависит только от площади светового пятна S_0 .

Поток, попадающий на фотоприемник, будет равен

$$F(X_t) = E \cdot S(X_t). \quad (5)$$

Тогда

$$F(X_t) = F_0 \cdot S(X_t) / S_0. \quad (6)$$

Из выражения (6) следует, что функциональная зависимость (1) сводится к нахождению $S(X_t) / S_0$.

Функцию преобразования составим для случая, когда полый канал имеет цилиндрическую форму с площадью поперечного сечения S_0 . Площадь перекрытия полого канала $S(X_t)$ изменяется от нуля (начального положения) до $S(X_t) = \pi \cdot r^2$ (конечного положения), где r – радиус полого канала δ .

Рассмотрим случай, когда деформация полого канала δ будет находиться в интервале $0 \leq X_t \leq r$ (рис. 2).

Площадь открытой части канала определяется по формуле

$$S(X_t) = \pi \cdot r^2 - S_{сегм}, \quad (7)$$

где $S_{сегм} = 0,5 \cdot R^2 \cdot (\alpha - \sin(\alpha)) + 0,5 \cdot r^2 \cdot (\beta - \sin(\beta))$; углы α и β зависят от координаты X_t .

$$\alpha_1(X_t) = 2 \cdot \arccos[(R^2 + (R + r - X_t)^2 - r^2) / (2 \cdot R \cdot (R + r - X_t))], \quad (8)$$

$$\beta_1(X_t) = 2 \cdot \arccos[(r^2 + (R + r - X_t)^2 - R^2) / (2 \cdot r \cdot (R + r - X_t))]. \quad (9)$$

Рассмотрим второй случай, когда деформация полого канала δ будет находиться в интервале $r < X_t \leq 2r$ (рис. 3).

$$S = \pi \cdot r^2 - S_{\text{сегм}}, \quad (10)$$

где $S_{\text{сегм}} = 0,5 \cdot R^2 \cdot (\beta - \sin(\beta)) - 0,5 \cdot r^2 \cdot (\alpha - \sin(\alpha))$; углы α и β зависят от координаты X_t .

$$\alpha_2(X_t) = 2 \cdot \arccos[(R^2 + (R + r - X_t)^2 - r^2) / (2 \cdot R \cdot (R + r - X_t))], \quad (11)$$

$$\beta_2(X_t) = 2 \cdot \arccos[(r^2 + (R + r - X_t)^2 - R^2) / (2 \cdot r \cdot (R + r - X_t))]. \quad (12)$$

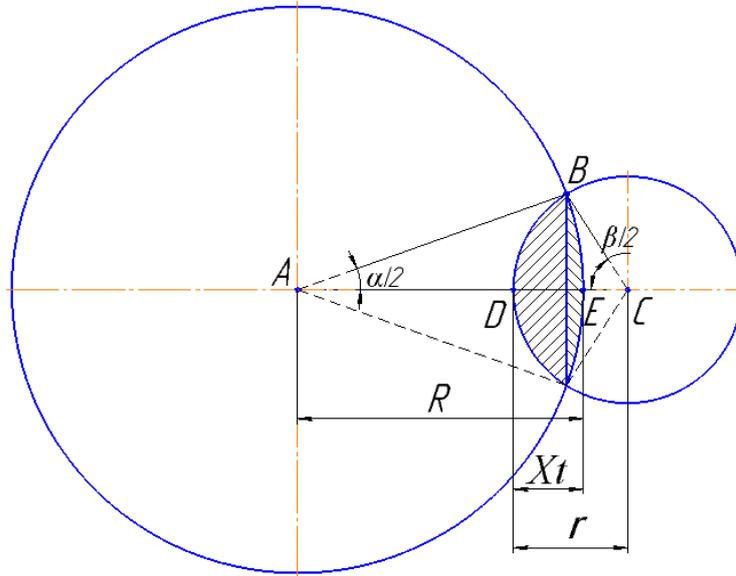


Рис. 2. Схема для расчёта площади перекрытия полового канала 6 на интервале $0 \leq X_t \leq r$

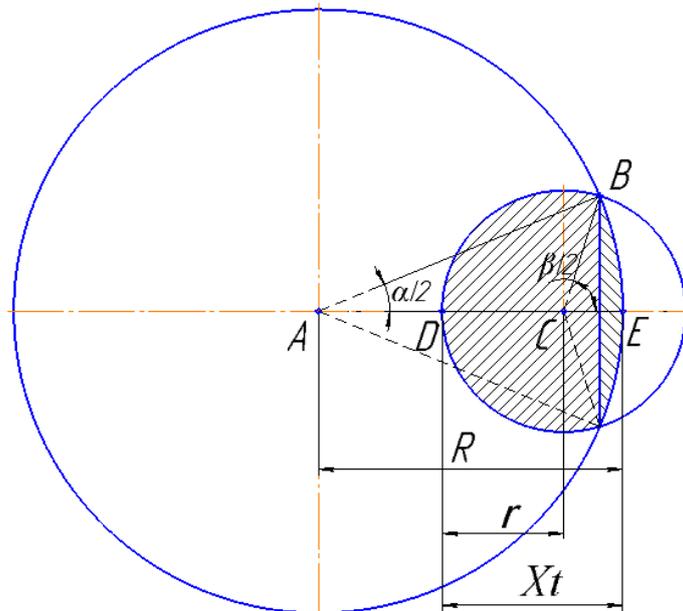


Рис. 3. Схема для расчёта площади перекрытия полового канала 6 на интервале $r < X_t \leq 2 \cdot r$

С учетом выражений (11), (12) и (5), на интервале $0 \leq X_t \leq r$ функция преобразования

$$F_1(X_t)/F_0 = 1 - [R^2 (\alpha_1(X_t) - \sin(\alpha_1(X_t))) / (2 \pi \cdot r^2) + (\beta_1(X_t) - \sin(\beta_1(X_t))) / 2 \cdot \pi]. \quad (13)$$

На рис. 4 приведена графическая зависимость полученной функции преобразования на интервале $0 \leq X_t \leq r$.

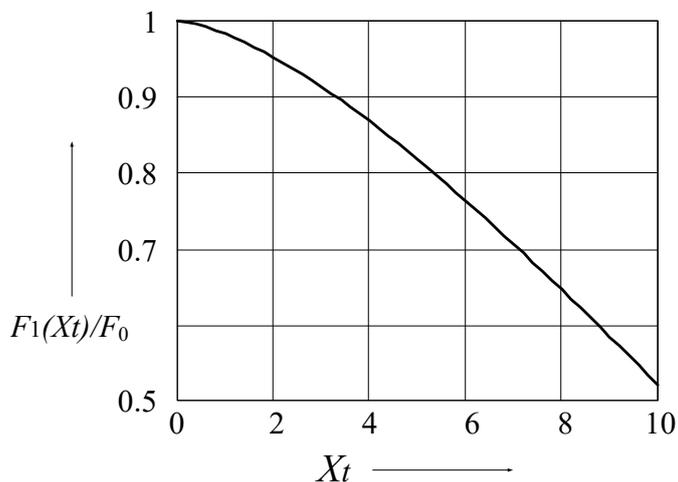


Рис. 4. Зависимость потока излучения от деформации полого канала на интервале $0 \leq X_t \leq r$

На интервале $r < X_t \leq 2 \cdot r$ функция преобразования имеет вид

$$F_2(X_t) / F_0 = [r^2 (\beta_2(X_t) - \sin(\beta_2(X_t))) / (2 \pi) - R^2 \cdot (\alpha_2(X_t) - \sin(\alpha_2(X_t))) / 2 \cdot \pi \cdot r^2] - 1. \quad (14)$$

На рис. 5 приведена графическая зависимость полученной функции преобразования на интервале $r < X_t \leq 2 \cdot r$.

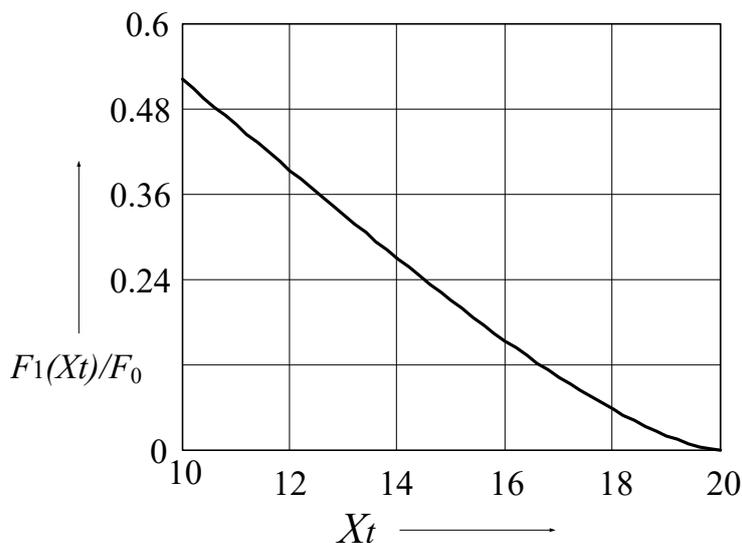


Рис. 5. Зависимость потока излучения от деформации полого канала на интервале $r < X_t \leq 2 \cdot r$

На рис. 6 приведена графическая зависимость полученной функции преобразования на интервале $0 < X_t \leq 2 \cdot r$.

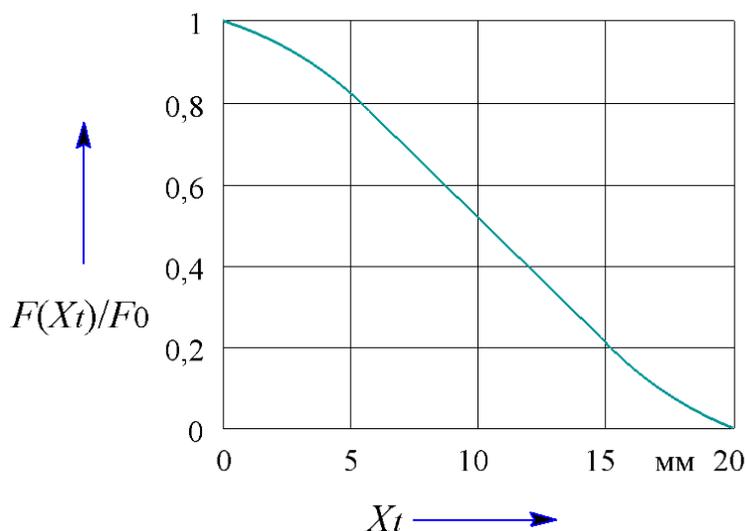


Рис. 6. Зависимость потока излучения от деформации полого канала на интервале $0 < X_t \leq 2 \cdot r$

Была также составлена и исследована функция преобразования для случая, когда полый канал имеет форму параллелепипеда с квадратной площадью поперечного сечения S_0 . Площадь перекрытия полого канала $S(X_t)$ в этом случае изменяется от нуля (начального положения) до $S(X_t) = b^2$ (конечного положения), где b – сторона квадрата поперечного сечения полого канала 6.

Вывод. Математическое моделирование функции преобразования опико-электронного измерительного преобразователя, встроенного в захват промышленного робота, показало, что при поперечной деформации полого канала, имеющего как цилиндрическую форму так и форму параллелепипеда, зависимость потока излучения, падающего на фотоприемник и, соответственно тока, протекающего через фотоприемник при сжатии объекта, квазилинейна, что обеспечивает практически одинаковую чувствительность преобразователя как при малых, так и при больших усилиях сжатия.

Моделирование также показало, что квазилинейность функции преобразования сохраняется и при соотношении размеров полого деформируемого канала и захватываемого объекта r / R (b / R) в диапазоне от $1 / 1,5$ до $1 / 100$ и более.

Разработанное устройство может найти применение в различных отраслях промышленности, где необходим контроль усилия сжатия объекта захватом промышленного робота для обеспечения его сохранности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Очувствленный захват манипулятора: а. с. SU 933452 / Г. И. Хутский, Н. А. Афанасьев, П. И. Марков, А. А. Афанасьев. – Оpubл. 07.06.1982.

Контакты

afanasiev.alex52@mail.ru (Афанасьев Александр Алексеевич)