

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

П.О. Шабуров, Е.А. Маргацкая, М.В. Большаков, Б.Д. Шумаков

В статье приводится анализ возможности использования оптического датчика для измерения малых линейных перемещений подвижной части электромагнитного клапана выдоха аппарата искусственной вентиляции легких. Отмечается, что основным преимуществом данного типа датчика является устойчивость к электромагнитным помехам, однако, для реализации обратной связи по положению выходную характеристику датчика следует корректировать в соответствии с особенностями эксплуатации, поскольку она имеет ярко выраженный максимум. Также рассмотрены возможные варианты схемы подключения оптического датчика.

Ключевые слова: оптический датчик; фотоприемник; клапан выдоха; интенсивность света.

Задача измерения малых линейных перемещений в малогабаритных устройствах зачастую бывает затруднена по ряду объективных факторов: во-первых информационное устройство должно обладать как можно меньшими массогабаритными показателями, во-вторых, иметь относительно высокую чувствительность измерения и в-третьих, по возможности датчик должен быть инвариантен к внешним электромагнитным помехам, которые могут наводиться в частности от некоторых элементов конструкции устройства ввиду компактности их расположения. Так, на существующем уровне развития техники можно выделить большое разнообразие датчиков, отличающихся по принципу действия, однако среди них следует отметить лишь два типа, нечувствительных к внешним электромагнитным полям: оптический и ультразвуковой [1].

Оптический бесконтактный датчик, регистрирует изменение светового потока в контролируемой области, связанное с изменением положения в пространстве каких-либо движущихся частей механизмов и машин, отсутствия или присутствия объектов. Такой датчик состоит из двух функциональных узлов, приемника и излучателя, которые могут быть выполнены как в одном корпусе, так и в различных корпусах [2]. Оптические датчики

положения обладает высокой чувствительностью, достаточно просты в реализации, но требуют защиты от паразитной засветки и выходные характеристики имеют ярко выраженный максимум.

В ультразвуковых датчиках реализован принцип радара – фиксируются отражённые от объекта ультразвуковые волны, поэтому структурная схема обычно представлена источником ультразвуковых волн и регистратором, которые обычно заключены в компактный корпус. Определение временной задержки между моментами отправки и приёма ультразвукового импульса позволяет измерять расстояние до объекта с точностью, достигающей до десятых долей миллиметра [3]. Диапазон срабатывания датчиков очень широк: от 30 мм до 8 м [4].

В качестве малогабаритного устройства, для которого проводится исследование возможности реализации обратной связи по положению, будем полагать электромагнитный клапан выдоха аппарата искусственной вентиляции легких [5, 6]. Габаритные размеры данного устройства как правило не должны превышать 35 мм при рабочем ходе в 4 мм. Соответственно, в таком случае рациональна установка оптического датчика, поскольку ультразвуковой не обеспечивает измерения положения в таком малом диапазоне перемещения.

Как известно, оптический датчик состоит из источника (излучателя) и приемника оптического излучения, которые могут располагаться в одном корпусе (моноблочные датчики) или в разных корпусах (двухблочные датчики). По принципу работы оптические датчики делятся на датчики барьерного, рефлекторного и диффузионного типа [1]. По типу устройства датчики барьерного типа относятся к двухблочным, где излучатель и приемник располагаются друг напротив друга и выход приемника меняется при перекрытии светового луча излучателя сторонним объектом. Принцип работы датчиков рефлекторного типа основан на том, что световой луч отражается от рефлектора, а отражённый – детектируется датчиком. В датчиках диффузионного типа приёмник учитывает интенсивность луча, отражённого контролируемым объектом [2]. Следовательно, по типу действия рациональным является установка диффузионного светоотражающего оптического датчика, дальность действия которого зависит от отражательных свойств объекта и может быть определена с помощью поправочного коэффициента. На рис. 1 представлено сечение трехмерной модели клапана, где излучатель и приемник оптического датчика крепятся на неподвижной части устройства (крышке корпуса) для измерения расстояния до подвижного якоря с обмоткой.

Использование фототранзистора обусловлено тем, что скорость его срабатывания высока и достаточна даже при высоком быстродействии, которое требуется от клапана выдоха по условиям эксплуатации. Использование фотодиодов также допустимо. Фоторезисторы имеют невысокую скорость срабатывания, и ее может быть недостаточно при высокой скорости движения якоря.

Подразумевается, что выходная информация датчика поступает на вход АЦП микроконтроллера для последующей обработки и реализации обратной связи [7]. Тогда в качестве схемы подключения оптического датчика можно рассмотреть два варианта: с управлением по напряжению и по току (рис. 2).

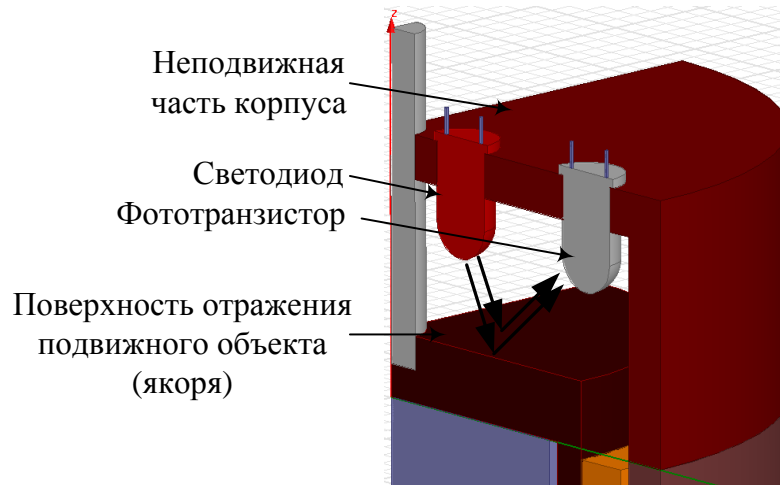


Рис 1. Фрагмент трехмерной модели электромагнитного клапана выдоха с установленным оптическим датчиком

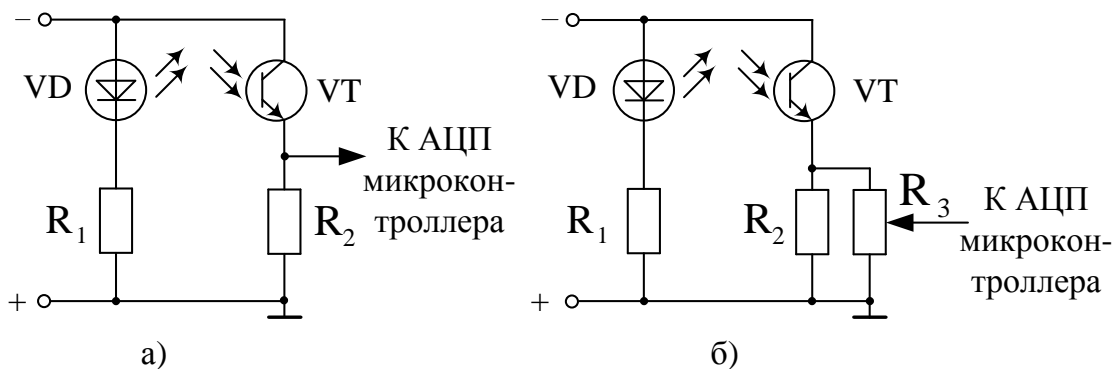


Рис. 2. Схемы подключения оптического датчика

Для схемы рисунка 2а подразумевается подбор резистора R_1 таким образом, чтобы получить требуемый диапазон изменения выходного напряжения приемника оптического датчика для согласования с аналого-цифровым преобразователем (поскольку зачастую информация с датчиков обрабатывается при помощи микроконтроллера). Изменение напряжения при этом способе происходит за счет регулирования яркости излучателя [8].

Однако в условиях реализации измерения положения с достаточно высокой точностью 0,05 мм важным требованием является инвариантность датчика к различным помехам, которыми в данном случае может быть паразитная засветка и чувствительность выхода фотоприемника к внешнему

электромагнитному полю. Для устранения первого типа помех целесообразно добиваться максимально возможной яркости свечения излучателя за счет повышения значения питающего напряжения с использованием резистора R_1 рисунка 2. При этом для того, чтобы приемник не находился постоянно в зоне насыщения, необходимо повысить величину пропускаемого им тока (при помощи R_2). Тогда на характеристике зависимости тока коллектора от интенсивности излучения рабочая точка фототранзистора сместится в зону нелинейности, где для открытия р-п перехода требуется большая интенсивность излучения. Таким образом становится возможным одновременно решить и проблему насыщения и уменьшить чувствительность выхода датчика к электромагнитным помехам. Также в рассматриваемой схеме предусмотрен резистор R_3 для согласования выходного напряжения датчика со входом АЦП микроконтроллера.

Обобщая приведенный обзор, следует заключить, что использование оптического датчика для измерения положения контролируемого объекта в условиях жестких ограничений массогабаритных показателей вполне рационально. К преимуществам его применения можно отнести простоту реализации и схемы подключения, относительно высокую чувствительность и скорость срабатывания, инвариантность к внешним электромагнитным полям. В то же время необходимо учитывать, что выходные характеристики диффузионных оптических датчиков, представляющих собой зависимости выходного напряжения фотоприемника от расстояния до объекта, как правило носят нелинейный характер с ярко выраженным максимумом [9]. Поэтому, несмотря на большое количество преимуществ установки оптического датчика, необходимо проводить его выбор с учетом особенности установки и режимов использования.

Библиографический список

1. Виглеб, Г. Датчики. Устройство и применение / Г. Виглеб. – М.: Издательство «Мир», 1989. – 191 с.
2. Олссон, Г. Цифровые системы автоматизации и управления / Г. Олссон, Дж. Пиани. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.
3. Смирнов, А.Д. Импульсная ультразвуковая измерительная аппаратура (Вопросы конструирования) / А.Д. Смирнов. – М.: Энергия, 1967. – 192 с.
4. Сенсорика. Ультразвуковые датчики. – URL: <http://www.sensorica.ru/s1-4.shtml>.
5. Маргацкая, Е.А. Электропривод клапана выдоха аппарата искусственной вентиляции легких / Е.А. Маргацкая, П.О. Шабуров // Электротехнические системы и комплексы: междунар. сб. науч. трудов. – 2012. – Вып. 20. – С. 83–90.

6. Маргацкая, Е.А. Smart lungmotor: активный клапан выдоха / Е.А. Маргацкая, П.О. Шабуров // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 154–159.

7. Jordan Dimitrov. Линеаризация оптических датчиков расстояния с помощью преобразователя напряжение-частота [Электронный ресурс] // Радиолоцман. – 2012. – № 6. – URL: <http://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=147107>.

8. Tomi Kuntze. All Facts for Choosing LED Optics Correctly / Tomi Kuntze // LED professional Review. – 2009. – № 15. – Pp. 28–31.

9. Avago technologies. HSDL-9100. Surface – Mount Proximity Sensor. Data Sheet, 2009. – URL: <http://www.avagotech.com/docs/AV02-2259EN>.