

АДАПТИВНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛА В PIR-ДЕТЕКТОРЕ

А.С. Воронов, А.В. Иванов

ОАО «МКБ Компас»

г. Москва

В статье предложен метод детектирования движения на нестационарных объектах и проведено моделирование в среде Multisim.

Ключевые слова: Детектор, датчики движения, адаптивная фильтрация.

Известно, что инфракрасные датчики движения используются достаточно давно - с середины прошлого столетия. PIR (Passive Infra Red) sensor – часто используемый в зарубежной литературе термин, обозначает пирозлектрические детекторы и приборы на их основе. На базе PIR-датчиков разработано великое множество устройств, выполняющих самые различные функции: от управления светом до подачи воды. Традиционной областью применения датчиков являются охранные сигнализации. Основной принцип работы таких приборов изображен на рисунке 1. Отличающийся от температуры окружающей среды объект 1 перемещается в контролируемом поле 2, сформированном специальной линзой Френеля 3. Линза выполняет двойную функцию: фокусирует основную часть видимого поля на поверхность детектора и формирует зоны, в которых излучение не фокусируется. В результате на поверхности пирозлектрического детектора 4 при смене зон объектом 1 формируется последовательность оптических импульсов, преобразуемых детектором в электрический сигнал.

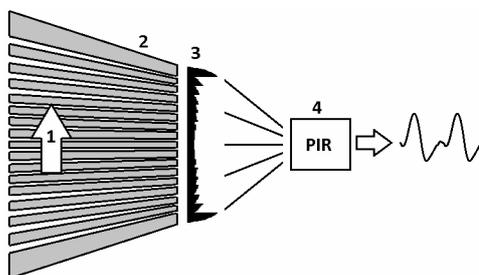


Рисунок 1 – Принцип работы PIR-датчика

В различных изделиях меняются только конфигурация контролируемых зон и, следовательно, конструкция линзы Френеля. Также есть различия в конструкции основного чувствительного элемента – пирозлектрического детектора: они бывают одинарные, двойные

и четверные, что позволяет оперировать дифференциальным сигналом и устранить ряд паразитных эффектов. Также несколько отличается покрытие и исполнение детекторов различных производителей. Покрытие позволяет лучше или хуже отфильтровать нужный оптический спектр (обычно, 5-14 мкм), а исполнение некоторых детекторов делает их нечувствительными к электромагнитным наводкам [1, 2]. Электрическая обработка сигнала пирозлектрического детектора, как правило, достаточно проста: сигнал усиливается, фильтруется аналоговым или цифровым полосовым фильтром с частотами среза 0,15 и 6,7 Гц и детектируется двузонным компаратором [1, 2]. От изделия к изделию варьируются частоты среза и зоны детектирования, что дает два взаимоисключающих результата: детектирование малых перемещений и высокая чувствительность при высокой вероятности ложных срабатываний либо низкая вероятность ложных срабатываний при низкой чувствительности и, следовательно, возможности обмана охранной системы. Для традиционной задачи охраны стационарных объектов выбор делается в пользу максимальной чувствительности. При отсутствии каких-либо перемещений, вибраций, резких температурных изменений, например, в офисе или квартире, такая система ведет себя нормально. Ложные срабатывания не исключены, но это не создает существенных проблем для охранных предприятий. Совсем другая ситуация возникает на нестационарных объектах, типичных для предприятий - грузоперевозчиков. Например, при охране контейнеров, перевозимых автомобильным, речным или железнодорожным транспортом. Условия в таких объектах могут меняться кардинально, а реагирование на ложное срабатывание стоит дорого. Это не позволяет использовать традиционные охранные PIR-системы. Впервые мы столкнулись с этой проблемой при работе с ведомственной

АДАПТИВНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛА В PIR-ДЕТЕКТОРЕ

охраной РЖД. Сегодня, некоторые производители предлагают детекторы, построенные по классической схеме с жесткой фильтрацией и заниженной чувствительностью, однако результат эксплуатации этих устройств неудовлетворителен. При всем многообразии стационарных охранных решений, для мобильных объектов существует проблема детектирования движения.

Предлагаемый принцип построения детектора призван решить проблему низкой чувствительности и ложных срабатываний детекторов на нестационарных объектах. При этом конечное устройство по остальным характеристикам будет не хуже своих стационарных аналогов. Есть возможность обеспечить сверхнизкое потребление от автономного источника питания и разумную цену.

Основой прибора является два оптических канала детектирования инфракрасного излучения и адаптивная фильтрация сигнала. На рисунке 2 приведена рекомендованная схема включения PIR-датчика серии IRA-E700 [2]. Принцип работы схемы следующий: переменная составляющая сигнала с детектора усиливается двумя ОУ (Вых. 1) и преобразуется сдвоенным компаратором в логический сигнал (Вых. 2) с помощью двух зон детектирования. Когда сигнал меньше $U_{п}/3$ или больше $2U_{п}/3$ компаратор выдает 0, в противном случае - $U_{п}$. В большинстве устройств этот сигнал используется для запуска таймера серии 555, который, в свою очередь, открывает оптрон либо реле на некоторое фиксированное время.

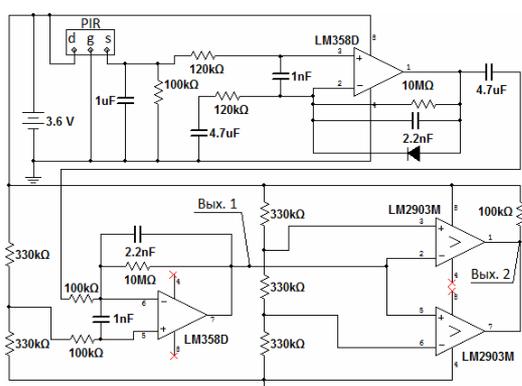


Рисунок 2 – Рекомендованная схема включения PIR-детектора серии IRA-E700

Мы модифицировали рекомендованную схему, добавили микроконтроллер MSP430 со сверхнизким потреблением (аналогичный использован в [3]), исключили блок сравнения на компараторах и продублировали два измерительных канала. Результат в виде функциональной схемы приведен на рисунке 3.

циональной схемы приведен на рисунке 3. Следует оговориться, что каналы 1 и 2 не совсем одинаковы: на одном из каналов вместо линзы Френеля расположена обычная линза, что делает этот канал нечувствительным к перемещению объектов в контролируемой зоне. Этот канал – опорный. Его наличие дает возможность существенно уменьшить влияние таких факторов как резкие случайные или периодические изменения температуры, скачки освещенности и вибрация датчика. Применение цифрового адаптивного фильтра дополнительно дает возможность сэкономить на элементах схемы и самих детекторах: не обязательно использовать элементы с высоким допуском по номиналу, а также сдвоенные или счетверенные пироэлектрические датчики. Дифференциальный режим в стационарных применениях дает, конечно, значительный прирост чувствительности за счет исключения влияния засветки и электромагнитных наводок, однако в нестационарных условиях разнесение двух датчиков по разным оптическим каналам и применение адаптивной фильтрации дает значительно лучший результат за счет компенсации частотных характеристик каналов и различия в чувствительности детекторов.

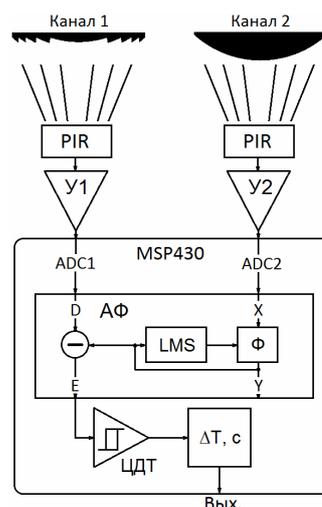


Рисунок 3 – Функциональная схема устройства

Адаптивный фильтр АФ используется по классической схеме компенсации помех [4]. Сигнал с измерительного канала 1 с линзой Френеля попадает через АЦП на образцовый вход адаптивного фильтра D. Сигнал с опорного канала с обычной линзой заведен на вход фильтра X. В качестве выходного сигнала используется сигнал ошибки E. Так как на опорном и измерительном канале внешние

факторы формируют различный, но высококоррелированный сигнал (более 0,8), адаптивный фильтр любой реализации дает хороший результат. Мы решили использовать LMS-фильтр (в русскоязычной литературе МНК-фильтр) в реализации с фиксированным шагом поиска оптимальных коэффициентов [4]. Эта реализация не дает быстрой сходимости, но оптимальна для маломощных контроллеров с ограниченной памятью и вычислительными ресурсами, так как требует минимума математических операций. После фильтра сигнал попадает на цифровой двузонный триггер (ЦДТ) и блок задержки. Выходной сигнал устройства можно гальванически развязать с помощью оптрона.

Для проверки принципа построения устройства, его электрическая схема была смоделирована в программном пакете Multisim. На измерительный вход схемы (канал 1) была подана сумма заранее записанного сигнала с реального датчика IRA-E700, фиксирующего 4 последовательных импульса, и случайного, равномерно распределенного сигнала, имитирующего воздействие на датчик различных факторов с амплитудой, равной амплитуде полезного сигнала. На опорный вход (канал 2) был подан только случайный сигнал. Результат моделирования работы схемы был передан в виде файла в программный пакет MatLab и обработан LMS и RLS (PMHK) адаптивными фильтрами.

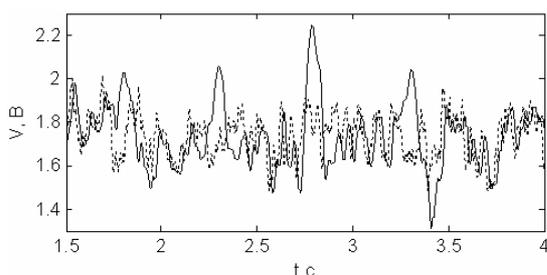


Рисунок 4 – Сигналы, на выходе усилителей

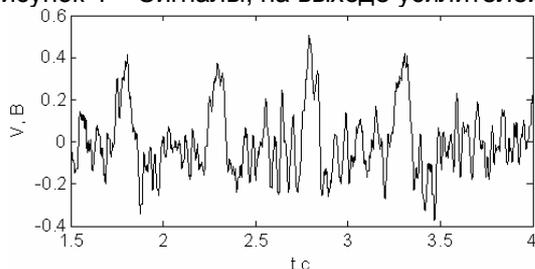


Рисунок 5 – Разностный сигнал

На рисунке 4 представлен выходной сигнал обоих каналов. Видно, что сигналы коррелированы, но не идентичны. Также видно, что схема обеспечивает предварительную

низкочастотную фильтрацию и искомые импульсы визуально различимы. На рисунке 5 представлен разностный сигнал. Сделать однозначный вывод о срабатывании детектора на основании этого сигнала проблематично. Рисунок 6 демонстрирует работу LMS фильтра с фиксированным шагом поиска. Видно, что по уровню сигнала 0,2 уже можно уверенно говорить о наличии движения.

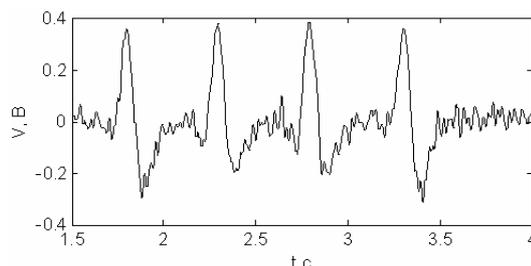


Рисунок 6 – LMS фильтр

Рисунок 7 – это результат работы RLS фильтра для тех же условий. Очевидно, лучший результат. Однако требования к вычислительным ресурсам для этого фильтра на порядок выше, чем для LMS и не соответствуют возможностям MSP430.

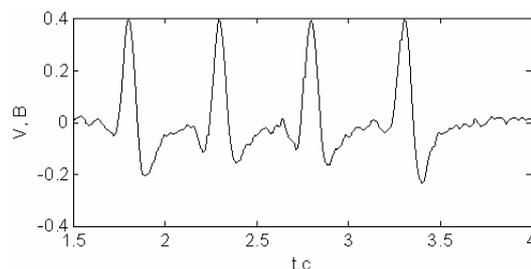


Рисунок 7 – RLS фильтр

Моделирование показывает, что предложенный принцип построения детектора способен решить основные существующие проблемы детектирования движения на нестационарных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.cypress.com>
2. <http://www.murata.com>
3. Пантелейчук А.С. Датчик движения с низким энергопотреблением на основе MSP430F2013 // Новости электроники. – Москва, 2007. – №9. – С.26-28.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006.

Воронов Александр Сергеевич – инженер-программист отдела РНРЭА, к.т.н., доцент, тел.: (495) 951-34-64, e-mail: asvoronov@bk.ru; **Иванов Александр Владимирович** – начальник отдела РНРЭА.