

Брашко Н. Н., начальник управления производственно-технического развития Министерства информации Республики Беларусь; Шуляк В. В., научный сотрудник; Юдаева Л. А., ведущий инженер-программист; Мелех О. В., младший научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси

РАЗРАБОТКА СВЕТОВЫХ БАРЬЕРОВ/ЗАВЕС ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ ОТ ТРАВМАТИЗМА В ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

The necessity of usage of light barriers / curtains for a polygraphic industry is justified. The operating principle, functional and specifications presented to light barriers / curtains, the design features, algorithms of operation and outcomes of practical implementation are considered, the perspectives of possible possible development are marked.

Введение. В полиграфической промышленности используется технологическое оборудование повышенной опасности, обусловленной наличием опасных производственных факторов и опасных зон, представляющих угрозу для жизни и здоровья людей, находящихся в этих зонах. Оборудование повышенной опасности имеет в своем составе режущие и ударные механизмы, детали вращения, зубчатые и ременные передачи. К такому оборудованию относятся, в первую очередь, одноножевые бумаго-резальные машины, в частности производства Российской Федерации типа БР-120, БР-125, БР-72; производства Чешской Республики – МС-107, МС-115, МС-85; производства ФРГ – Перфекта-115, Перфекта-132, Перфекта-90, а также Сейпа, Воленберг и др. Поэтому существует необходимость контроля за доступом людей в опасные производственные зоны. В настоящее время среди средств, предназначенных для обеспечения безопасности труда все большее значение приобретают средства ограничения физического доступа людей в опасные зоны за счет автоматической сигнализации, блокировки и остановки оборудования. Использование световых барьеров (СБ) и световых завес (СЗ) позволяет решить проблему контроля за безопасностью и защиты персонала от травматизма в ряде производственных ситуаций.

В ОИПИ НАН Беларуси разработаны активные опико-электронные устройства обнаружения СБ и СЗ, которые представляют собой однолучевые/многолучевые аварийные датчики безопасности, предназначенные для контроля доступа людей в опасные зоны и состоят из излучателя ИК-излучения, приемника ИК-излучения, электронного блока управления и исполнительного реле (рис. 1).

Основная часть. Принцип действия СБ/СЗ основан на кодово-импульсной модуляции ИК-излучения и заключается в следующем (рис. 2).

Блок управления генерирует определенным образом сформированную кодово-импульсную последовательность электрических сигналов и по проводной линии связи передает ее на излучатель. В соответствие с принятыми сигналами излучатель преобразует эту последовательность в импульсы ИК-излучения. Приемник прини-

мает переданную излучателем последовательность, преобразует ее в соответствующую последовательность импульсов электрических сигналов и по проводной линии связи передает ее на блок управления.

Блок управления сравнивает последовательность импульсов, переданную на излучатель с последовательностью импульсов, принятых от приемника, и на основании определенным образом выбранного алгоритма принимает решение о соответствии этих последовательностей между собой. В случае соответствия импульсов, переданных на излучатель и полученных от приемника, блок управления вырабатывает управляющий сигнал «включение» и передает его на реле. Реле, приняв сигнал «включение», замыкает контакты, через которые включается оборудование. В случае прерывания луча и, таким образом, несоответствия последовательностей импульсов излучателя и приемника друг другу, блок управления вырабатывает управляющий сигнал «выключение» и передает его на реле, которое, приняв сигнал «выключение», размыкает контакты и таким образом полностью отключает оборудование [1].

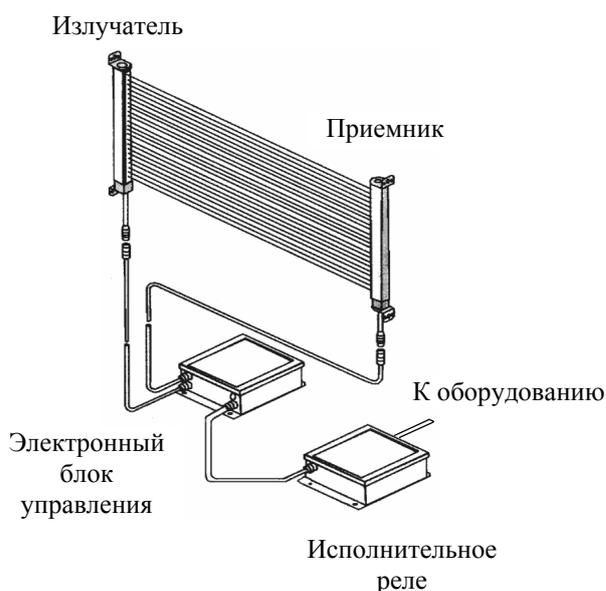


Рис. 1. Структурная схема СБ/СЗ

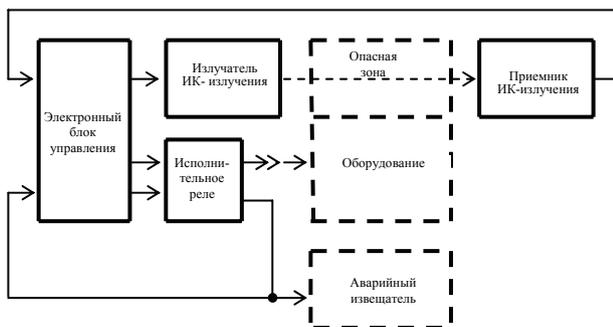


Рис. 2. СБ/СЗ ограничения доступа (опасная зона, оборудование, аварийный извещатель показаны условно)

Основными достоинствами разрабатываемых устройств являются:

- хорошая видимость рабочей зоны, поскольку не создается никаких помех визуализации этой зоны для наблюдения и восприятия;
- безопасность излучения для персонала, поскольку мощность излучения находится на уровне изделий бытовой техники;
- простота в эксплуатации и надежность в работе;
- высокая чувствительность и адаптация к размерам объекта, которые могут составлять 15 мм и менее в поперечном сечении;
- высокая скорость реакции за счет использования быстродействующих логических компонентов и полупроводниковой оптоэлектроники;
- высокий уровень отстройки от помех за счет оптической фильтрации, а также логического кодирования передаваемых диагностических посылок.

Среди полиграфического оборудования повышенной опасности только некоторые одноножевые бумагорезальные машины оборудованы СБ/СЗ. Однако находящиеся в эксплуатации трехножевые резальные машины (типа БРТ-300, БРТ-450), фальцевальные машины (типа ФК-86), ниткошвейные машины (типа НШ-6), тигельные печатные, позолотные прессы и вырубные прессы (типа ПТ-4, БПП-75), листовые и рулонные ротационные печатные машины различных видов печати не оборудованы СБ/СЗ.

В этой связи актуальным является вопрос обеспечения высокого уровня защиты работников от возможных воздействий опасных производственных факторов на полиграфическом технологическом оборудовании путем *модернизации*, т. е. дополнительного оснащения СБ/СЗ находящегося в эксплуатации оборудования повышенной опасности, и, таким образом, контроля за доступом людей в опасные производственные зоны (рис. 11–14).

Функциональные требования, предъявляемые к СБ/СЗ:

- 1) возможность «гашения» луча (лучей) излучателя;
- 2) возможность внешнего тестирования работоспособности устройства в целом, а также по отдельным частям (блокам);
- 3) возможность самотестирования контактов исполнительного реле на размыкание непосредственно в процессе выполнения производственно-технологических работ;
- 4) возможность самотестирования работоспособности оптического канала;
- 5) возможность самотестирования линии передачи сигнала управления на включение/выключение исполнительного реле;
- 6) возможность объединения в локальные сети под управлением центрального ПК;
- 7) возможность визуального контроля работоспособности устройства при помощи светодиодов, расположенных на излучателе и приемнике.

Необходимо также учитывать следующие факторы:

- контакты исполнительного реле должны применяться для полной остановки оборудования, а не для управления;
- в случае прерывания луча и остановки оборудования технологический цикл не должен продолжаться с момента прерывания, а должен быть повторен с начала;
- в зоне взаимодействия излучателя и приемника не должно быть отражающих элементов.

Принципиальные технические требования, предъявляемые к СБ/СЗ:

1. Максимальная дальность действия – максимальное расстояние между излучателем и приемником, при котором СБ/СЗ продолжают быть работоспособными при уменьшении на 75% попадаемого на приемник потока ИК-энергии излучения относительно нормальных условий [2].

2. Углы излучения/приема определяются в соответствии с [2]: 5° для обеспечения условий безопасности для класса 4; 10° для класса 2.

3. Разрешающая способность – минимальный размер оптически непрозрачного объекта, при котором происходит срабатывание при пересечении ИК-луча.

4. Время реакции – время, в течение которого вырабатывается сигнал на выключение оборудования.

5. Коэффициент запаса – максимальное значение уменьшения потока ИК-энергии, при котором СБ/СЗ продолжают быть работоспособными [2].

6. Чувствительность – время перекрытия ИК-луча, определяемое как минимальное при превышении которого СБ/СЗ должны начать формировать сигнал на выключение оборудования.

Конструктивные особенности. СБ/СЗ должны располагаться на определенном расстоянии S от механизмов действующего оборудования (рис. 3). Расстояние S должно быть определено таким образом, чтобы проникновение к оборудованию не могло быть достигнуто прежде, чем опасное движение механизмов оборудования не будет прекращено исполнительным реле и не произойдет полная остановка оборудования. Это расстояние зависит от следующих факторов:

- время реакции СБ/СЗ – t_1 ;
- время срабатывания реле – t_2 ;
- время полной остановки оборудования – t_3 ;
- скорость передвижения объекта – V .

Минимальное безопасное расстояние S между световой завесой и действующим оборудованием определяется по формуле

$$S = V(t_1 + t_2 + t_3) + C,$$

где C – дополнительное расстояние.

Отражающие поверхности, расположенные в зоне взаимодействия излучателя и приемника, могут вызвать вторичные отражения основного луча (рис. 3). Эти отражения могут затруднять или делать невозможным распознавание объекта в контролируемой зоне. Если приемник принимает вторичный луч (отраженный от отражающей поверхности), объект-преграда не определяется, даже если основной луч пересечен контролируемым объектом. Поэтому особенно важно располагать СБ/СЗ на необходимом и достаточном расстоянии A от любой отражающей поверхности. Это расстояние зависит от оперативного расстояния L между излучателем и приемником и от углов излучения/приема, определяющих зону взаимодействия излучателя и приемника (при $L = 5$ м; $A = 11$ см для $\alpha = 5^\circ$; $A = 22$ см для $\alpha = 10^\circ$):

$$A = \frac{L}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Для формирования углов излучения/приема ($\alpha = 5^\circ$; $\alpha = 10^\circ$) может быть использована простейшая диафрагма (рис. 4).

Диаметр отверстия диафрагмы d зависит от расстояния a между излучателем и диафрагмой и угла излучения/приема.

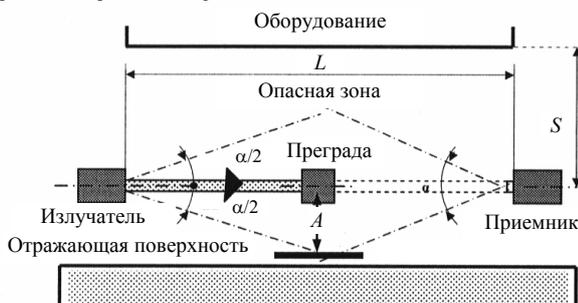


Рис. 3. Принципиальные особенности установки СБ/СЗ

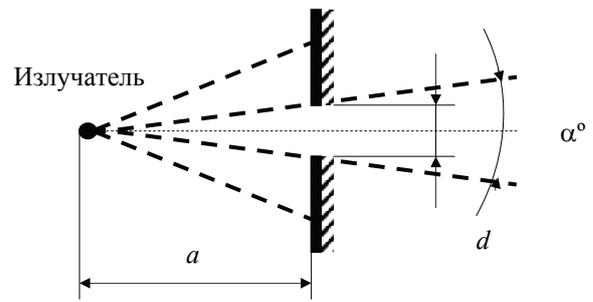


Рис. 4. Схема формирования угла излучения

Формула для определения d имеет вид

$$d = 2atg\alpha,$$

где $d = 1,75$ мм при $a = 20$ мм и $\alpha = 5^\circ$; $d = 3,5$ мм при $a = 20$ мм и $\alpha = 10^\circ$.

Практические результаты. Для обеспечения надежности работы СБ/СЗ в условиях высокого уровня внешних помех и постороннего освещения используется ИК-диапазон в спектральной области и дополнительная модуляция ИК-луча. Чтобы избежать появления отказов под воздействием шумовых сигналов, эти импульсы заполняются несущей частотой 36 кГц.

Код передаваемых излучателем импульсов действующего однолучевого исследовательского барьера формируется микропроцессором IN90S2313DW, входящим в состав контроллера излучателя, и состоит из 4-битового слова. Каждый передаваемый бит кодируется двухфазным сигналом, формат всей посылки представлен на рис. 5. В качестве излучающего элемента используется ИК-светодиод типа TSIP520.

Приемник восстанавливает данные с двухфазным кодированием и должен реагировать на быстрые изменения уровня сигнала независимо от помех. Ширина импульсов на выходе приемника должна отличаться от номинальной не более чем на 10%. Приемник нечувствителен к постоянным внешним засветкам. Удовлетворяет этим требованиям интегральный фотомодуль ПЛОР18369, предназначенный для систем дистанционного управления с ИК-излучением. В одном корпусе объединяются фотоземлет, демодулятор и предусилитель. Таким образом, на выходе приемника формируется сигнал, немодулированный частотой 36 кГц и пригодный для дальнейшей обработки контроллером. Контроллер, в состав которого входит микропроцессор IN90S2313DW, декодирует получаемые сигналы. На рис. 6 представлена осциллограмма сигналов на выходе фотоприемника. Сигналы на выходе фотоприемника инверсны по отношению к передаваемым сигналам.

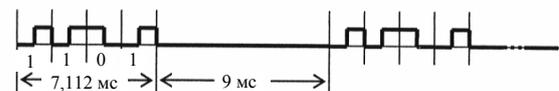


Рис. 5. Формат передаваемых данных однолучевого светового барьера



Рис. 6. Осциллограмма данных на выходе фотоприемника однолучевого светового барьера

Действующий исследовательский образец световой завесы – это система из четырех каналов ИК-излучения передачи и приема данных. Для каждого канала формируется свой оригинальный код передаваемых данных, состоящий из 5-битового слова двухфазных сигналов (Манчестерский код). Формат данных всей посылки представлен на рис. 7. Нужный формат передаваемых данных генерирует микропроцессор IN90S2313DW, входящий в состав контроллера передатчика. Принимаются и декодируются передаваемые данные приемником световой завесы, каждый из четырех фотоприемников которого отслеживает свой канал. Для каждого канала код принятых данных сравнивается с кодом переданных данных.

Если коды принятых и переданных данных текущего канала совпадают, то подтверждается режим работы оборудования и выполняется опрос следующего канала по последовательному циклу, т. е. за последним каналом отслеживается первый и т. д. Если возникает несовпадение в отслеживаемом канале, то вырабатывается сигнал на отключение оборудования.

Микропрограммное обеспечение контроллера приемника дешифрирует принимаемые сигналы опрашиваемого канала, анализирует код принятых данных и формирует на выходе микропроцессора сигнал соответствующего уровня («низкий» – коды принимаемых данных текущего опрашиваемого канала не совпадают с кодами передаваемых данных, «высокий» – коды совпадают).

На рис. 8 представлены осциллограммы выходных сигналов фотоприемников четырех каналов (канал 0–3) действующей световой завесы. Сигналы на выходах фотоприемников инверсны по отношению к сигналам передаваемых данных.

Алгоритм программ контроллера передатчика (рис. 9) основан на применении табличного метода. Коды таблицы отражают состояние

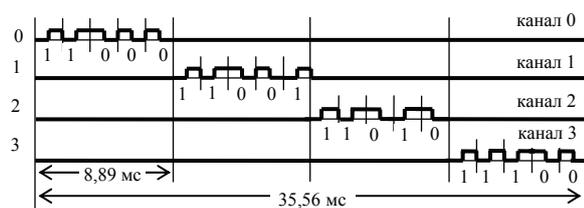


Рис. 7. Формат передаваемых данных СЗ

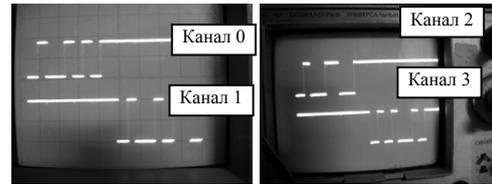


Рис. 8. Осциллограмма данных на выходе фотоприемника по каждому из четырех каналов световой завесы

уровней сигналов, устанавливаемых на выходах порта микропроцессора контроллера для каждого полубита формируемых данных в каждый полупериод несущей частоты. Длительность полупериода несущей частоты задается внутренним счетчиком-таймером, работающем в счетном режиме с последующим анализом его переполнения. Программа генерации передаваемых данных выполняет обработку прерывания выполнения основной программы по переполнению этого таймера и выдачу сигналов на выходы микропроцессора.

Алгоритм программы контроллера приемника представлен на рис. 10. После инициализации основных регистров микропроцессора контроллера приемника выполняется анализ состояния положения контактов кнопки «ВКЛ» по тому же алгоритму, что и для программы контроллера передатчика. Если код принятых данных соответствует коду переданных данных, подтверждается подключение оборудования, в противном случае – оборудование выключается.

Перспективы разработки. Использование отдельного микропроцессора в составе излучателя обеспечивает возможность генерировать определенным образом сформированные кодово-импульсные последовательности.

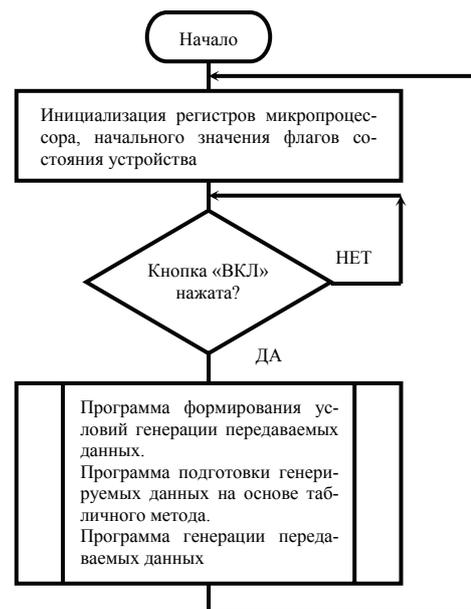


Рис. 9. Алгоритм программ передачи данных

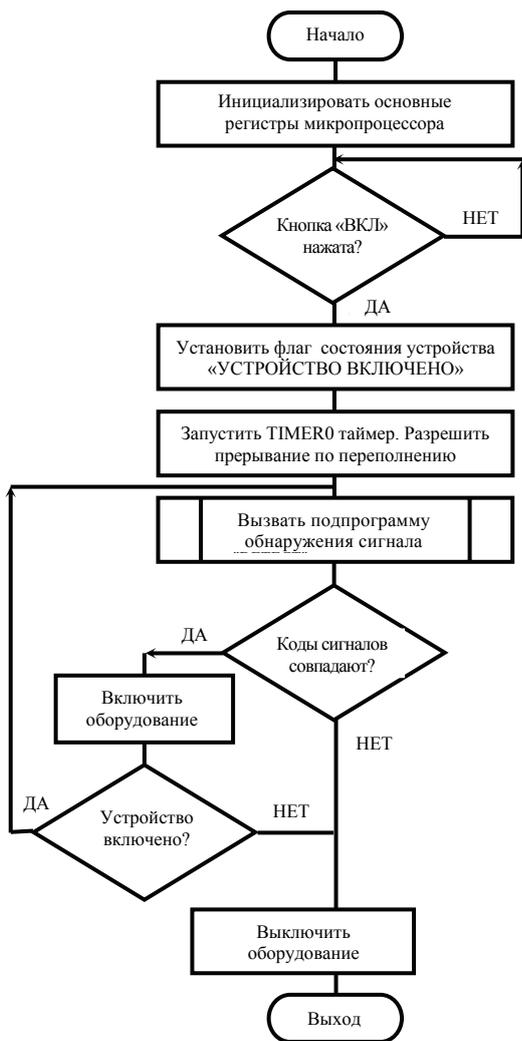


Рис. 10. Алгоритм программы приема сигналов

Использование отдельного микропроцессора в составе приемника обеспечивает возможность распознавать передаваемые излучателем последовательности, а также принятия решения о действительном «ДА/НЕТ» пересечении луча на основании определенным образом разработанного и заложенного в память микропроцессора приемника алгоритма, зависящего, например, от различных внешних условий окружающей среды. Таким образом, обеспечивается возможность создания интеллектуальных адаптивных, например, к внешним условиям СБ/СЗ, принимающих решение «ДА/НЕТ» о пересечении луча на основе ранее накопленной информации.

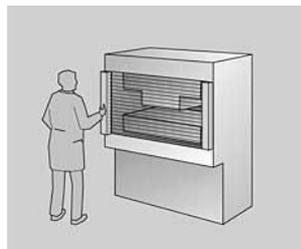


Рис. 11. СЗ ограничения доступа в опасные зоны для пальцев и рук

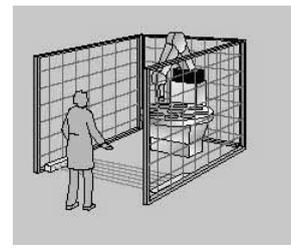


Рис. 12. СЗ для ограничения доступа в опасные зоны для ног

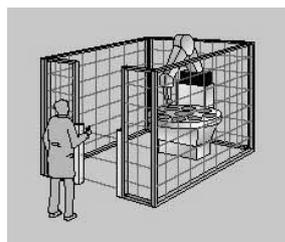


Рис. 13. Световые завесы для ограничения доступа в опасные зоны для человека

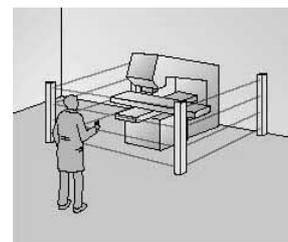


Рис. 14. Световые завесы для ограничения доступа в опасные зоны для больших пространств

Адаптивность СБ/СЗ заключается в самостоятельном (автономном) выборе оптимальной (для данных в настоящий момент внешних условиях) кодово-импульсной посылки с целью уменьшения вероятности ложных срабатываний.

Заключение. Применение алгоритмов формирования и обработки оптоэлектронных сигналов с кодово-импульсной модуляцией, а также микропроцессорных средств, реализованных с использованием отечественной элементной базы, позволяет осуществить модернизацию действующего полиграфического оборудования и обеспечить его надежными средствами защиты работающего персонала от травматизма.

Литература

1. Мелех, О. В. Световой барьер ограничения доступа на охраняемые объекты / О. В. Мелех, В. В. Ткаченко, В. В. Шуляк // Материалы XII Междунар. науч.-технич. конф., Минск, 24–28 сент. 2007 г. / ВГСК. – Минск, 2007.

2. Safety of machinery: Electro-sensitive equipment: IEC 61496-2. – Part 2: Particular requirements for equipment using active optoelectronic protective devices (AOPDs).

Поступила 22.12.2008.