

Н.И. Стадник, В.В. Ткачев, д-ра техн. наук,

П.Ю. Огеенко, С.Н. Проценко, В.В. Гапон

(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

АЛГОРИТМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО СИЛОВЫМ ЛИНИЯМ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

В настоящее время одним из актуальных направлений развития угольной промышленности Украины является внедрение высокопроизводительных угледобывающих комплексов, характеризующихся высокой энерговооруженностью применяемых комбайнов, конвейеров, насосных установок и др. оборудования. Практически все машины нового поколения являются многодвигательными, оснащены частотно-регулируемыми приводами, характеризуются большим количеством контролируемых параметров, а также значительными объемами информации циркулирующей, как на уровне бортовой составляющей системы управления, так и на более высоких уровнях. Это требует применения значительного количества физических линий связи, прокладываемых как в пределах машин, так и вне. Прокладка значительного количества кабелей чрезвычайно затруднена, особенно при отработке тонких пластов и, кроме того, это существенно снижает надежность работы систем управления и механизированных комплексов в целом.

В связи с этим поиск путей передачи данных по более надежной среде является одной из важных задач, которые ставятся перед разработчиками автоматизированных систем управления.

Предложенным решением поставленной задачи является использование для передачи информации не сигнальных, а силовых жил, которые имеют значительно больший диаметр, а следовательно и механическую прочность, и подвержены меньшим деформациям. Наиболее перспективным является метод, основанный на PowerLine технологии, который обеспечит возможность отказаться от сигнальных жил при управлении добычными комбайнами, что повлечет за собой значительное уменьшение простоев и увеличение объемов добычи угля [1]. Однако при всех преимуществах этого подхода есть существенный недостаток – в полной мере технология передачи данных по силовым жилам кабеля может быть реализована только в новых системах управления добычными комбайнами. Используемые в настоящий момент системы, работающие на основе интерфейса RS485, не смогут легко перенести подобную интеграцию, так как она повлечет за собой перепланирование выделенного под аппаратуру управления места и, следовательно, частичную или полную замену ее устройств.

Для устранения этого недостатка предложено использовать встраиваемую систему передачи информации по силовым жилам кабеля на основе ретрансляции сообщений без изменения используемых в настоящее время схем и протоколов передачи данных [2].

Эта система, включаясь в разрыв существующей линии на основе интерфейса RS485, позволит осуществлять ретрансляцию сообщений без необходимости статического определения скорости передачи информации и анализа передаваемых данных.

В этом случае система содержит два однотипных полукомплекта, включающих три основных модуля: контроллера 232/485, контроллера Ethernet и PowerLine адаптера (рис. 1).

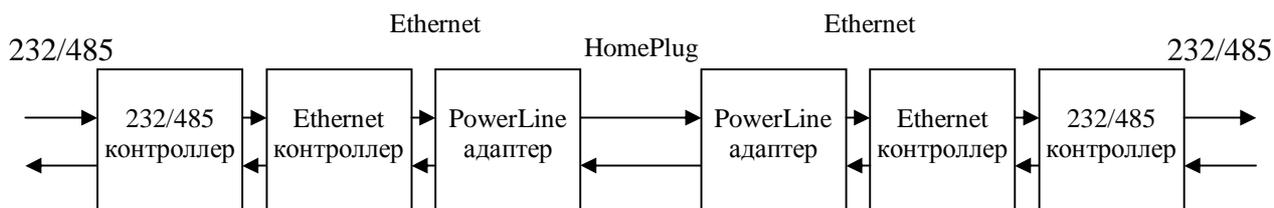


Рис. 1. Схема модели системы передачи данных по силовым жилам

За работу с линией передачи информации по протоколам RS232 и RS485 отвечает модуль контроллера 232/485. Основная его задача заключается в симуляции работы ведущего и ведомого устройств в зависимости от направления передачи сообщений.

При работе с интерфейсом RS485 система обеспечивает поддержку полудуплексного обмена сообщениями, выполняя ретрансляцию информационными блоками.

Проблемными вопросами при создании этого модуля являются алгоритмы определения битовой формы сообщений, длительности сообщений, текущего состояния линии и организации передачи ретранслированных сообщений.

Определение текущего состояния линии передачи – одна из основных задач при организации ретрансляции. Устройство полукомплект передачи/приема должно при появлении данных из линии выступать в роли ведомого устройства согласно интерфейсу RS485, а в случае наличия данных для передачи – играть роль ведущего.

Подобный, сложный режим работы может быть организован на основе определения так называемого третьего состояния линии передачи по интерфейсу RS485.

Линия передачи в полудуплексном режиме по интерфейсу RS485, организованная между двумя устройствами, в любой момент времени может находиться в одном из трех состояний: уровень единицы, уровень нуля и высокоэмпидансное состояние. Высокоэмпидансное состояние, также иногда называемое третьим состоянием, на линии наблюдается в момент, когда нет передачи данных ни со стороны ведущего, ни со стороны ведомого устройств – устройства находятся в режиме прослушивания линии. В такой момент инициатором передачи может стать любой из узлов. Для модуля контроллера 232/485 появление в линии третьего состояния позволяет выполнить переход в режим приема или в режим передачи.

Высокоэмпидансное состояние линии определяется при помощи схемного решения, приведенного на рис. 2.

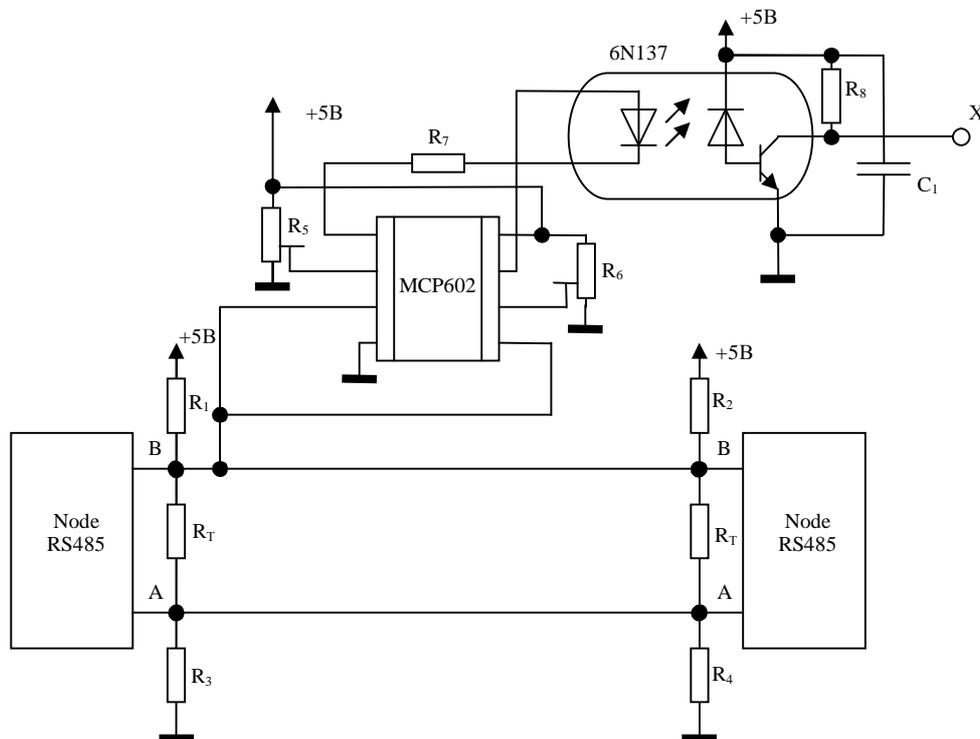


Рис. 2. Схема контроля высокоэмпидансного состояния линии передачи информации на основе интерфейса RS485

Основой определения третьего состояния является контроль напряжения между точкой В (А) и землей. Благодаря подтягивающим резисторам R1, R2, R3 и R4 напряжение при высокоэмпидансном состоянии линии находится в строго определенном интервале. При помощи микросхемы MCP602, состоящей из двух компараторов, в качестве опорных напряжений на которые подаются граничные значения диапазона появления третьего состояния в линии, осуществляется передача сигнала через оптрон 6N137. Граничные значения диапазона задаются при помощи подстроечных резисторов R5 и R6. Таким образом, при появлении на выходе X значения логического нуля, делается вывод, что линия находится в высокоэмпидансном состоянии.

При появлении нуля на входе, на который подключен выход X, приведенной выше схемы, модуль контроллера 232/485 делает вывод о том, что удаленное устройство в данный момент находится в режиме приема и, если в буфере есть данные для передачи, то можно начинать их отсылку. При появлении единицы – производится переход в режим прослушивания линии и запускается алгоритм распознавания передаваемых удаленным устройством данных.

В настоящее время прием сообщений при работе полукомплектов системы выполняется по программному алгоритму, который основан на динамическом определении времени удерживания удаленным устройством на линии каждого из трех состояний. При таком подходе нет необходимости определять скорость передачи информации, так как выполняется считывание нулей и единиц как длительностей удерживания состояний линии. Определение состояний

реализовано через программные прерывания. При обнаружении на линии среза или фронта сигнала происходит прерывание, по которому производится формирование сообщения второму полуккомплекту системы, включающего текущее значение из таймера микроконтроллера и значение состояния линии, и запись его в буфер передачи для контроллера Ethernet. Затем, выполняется перезапуск таймера и инвертирование значения состояния линии. По такому же принципу фиксируется третье состояние.

При проведении исследований собранной модели системы передачи информации [2], с реализацией описанного подхода, были выявлены несколько существенных недостатков:

1) алгоритм приема сообщений некорректно обрабатывает данные при высоких скоростях передачи, в связи с тем, что вся вычислительная мощность микроконтроллера тратится на выполнение подпрограмм прерываний. Максимальная допустимая скорость передачи составила 9600 бод;

2) определенное время удерживания третьего состояния приходится передавать вместе с состояниями нуля и единицы, что сильно загружает канал системы передачи;

3) при максимально допустимой скорости и передаче по линии сигналов из чередующихся последовательностей нулей и единиц – байтов AAh или 55h наблюдается переполнение буферов приема/передачи, что приводит к потере сообщений.

Анализ выявленных недостатков показал, что для обеспечения нормального функционирования алгоритма необходимо отказаться от имеющейся элементной базы полуккомплекта и в частности микроконтроллера серии PIC18. Однако на настоящий момент необходимую функциональность обеспечивают лишь некоторые промышленные контроллеры, а реализация полуккомплекта на их основе сложна с технической точки зрения и не обоснована, так как более простым решением может являться отказ от универсального алгоритма приема в пользу специализированного. Основным недостатком предложенного универсального подхода при реализации в полуккомплекте является отказ от явной привязки к скорости передачи информации и формату сообщений. Однако, большинство из уже эксплуатируемых систем управления добычным комбайном разрабатывались зарубежными компаниями, которые оставили особенности протокола скрытыми. Выполненный анализ привел к новому решению задачи приема данных из линии.

Новый подход кардинально отличается от исследованного. В его основе лежит динамическое распознавание скорости передачи данных, которое выполняется в течение работы устройства. Реализация подхода связана с приведенным выше схемным решением для определения третьего состояния линии передачи.

При подаче питания на устройство, модуль контроллера 232/485 начинает опрашивать вход схемы определения высокоэмпирического состояния. При появлении значения логической единицы включается режим приема. В этом режиме опрос состояния линии производится с максимальной частотой. В ходе опроса фиксируется минимальное время удерживания в линии состояний нуля

и единицы. При выявлении минимального времени, оно ассоциируется с длительностью бита и косвенно производится определение скорости передачи, что позволяет произвести перенастройку режима опроса и производить его с меньшей частотой. Таким образом, благодаря динамической подстройке появляется возможность в режиме приема опрашивать линию с минимальной частотой. Перенастройка частоты опроса линии осуществляется в ходе работы алгоритма постоянно. Такой подход значительно снижает вычислительную нагрузку на микроконтроллер модуля. На процессоре для выполнения приведенных задач используются два таймера. Основная часть реализуемого алгоритма опроса линии передачи базируется на двух подпрограммах, вызываемых по прерываниям от входа X и второго таймера. Первый таймер используется для динамического контроля длительности текущего состояния в линии.

Упрощенные блок-схемы алгоритмов прерываний, по которым выполняется опрос линии передачи, представлены на рис. 3 и 4.

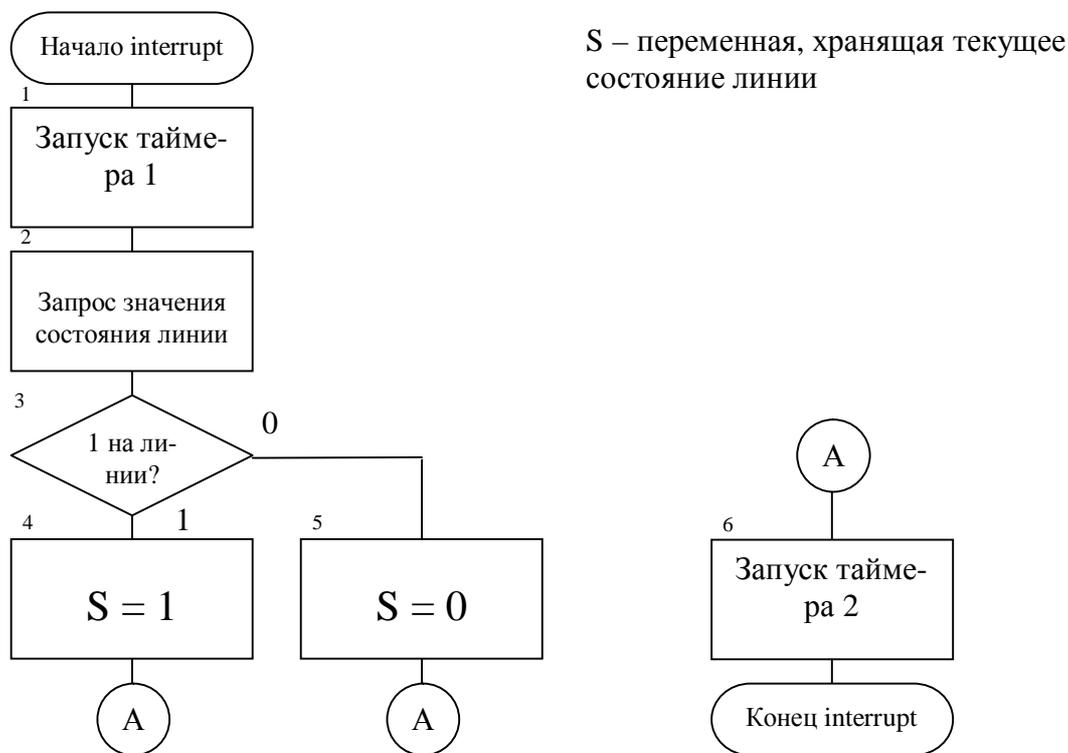


Рис. 3. Блок-схема алгоритма подпрограммы, вызываемой по прерыванию от входа X

При появлении на входе X от схемы определения третьего состояния логической единицы, вызывается подпрограмма «X interrupt», которая запускает первый таймер для подсчета времени удержания удаленным устройством текущего состояния в линии (блок 1). Затем выполняется опрос линии и определение переменной состояния линии (блоки 2,3,4,5). Далее выполняется запуск второго таймера (блок 6), подпрограмма по прерыванию от которого и будет осуществлять дальнейший опрос линии.

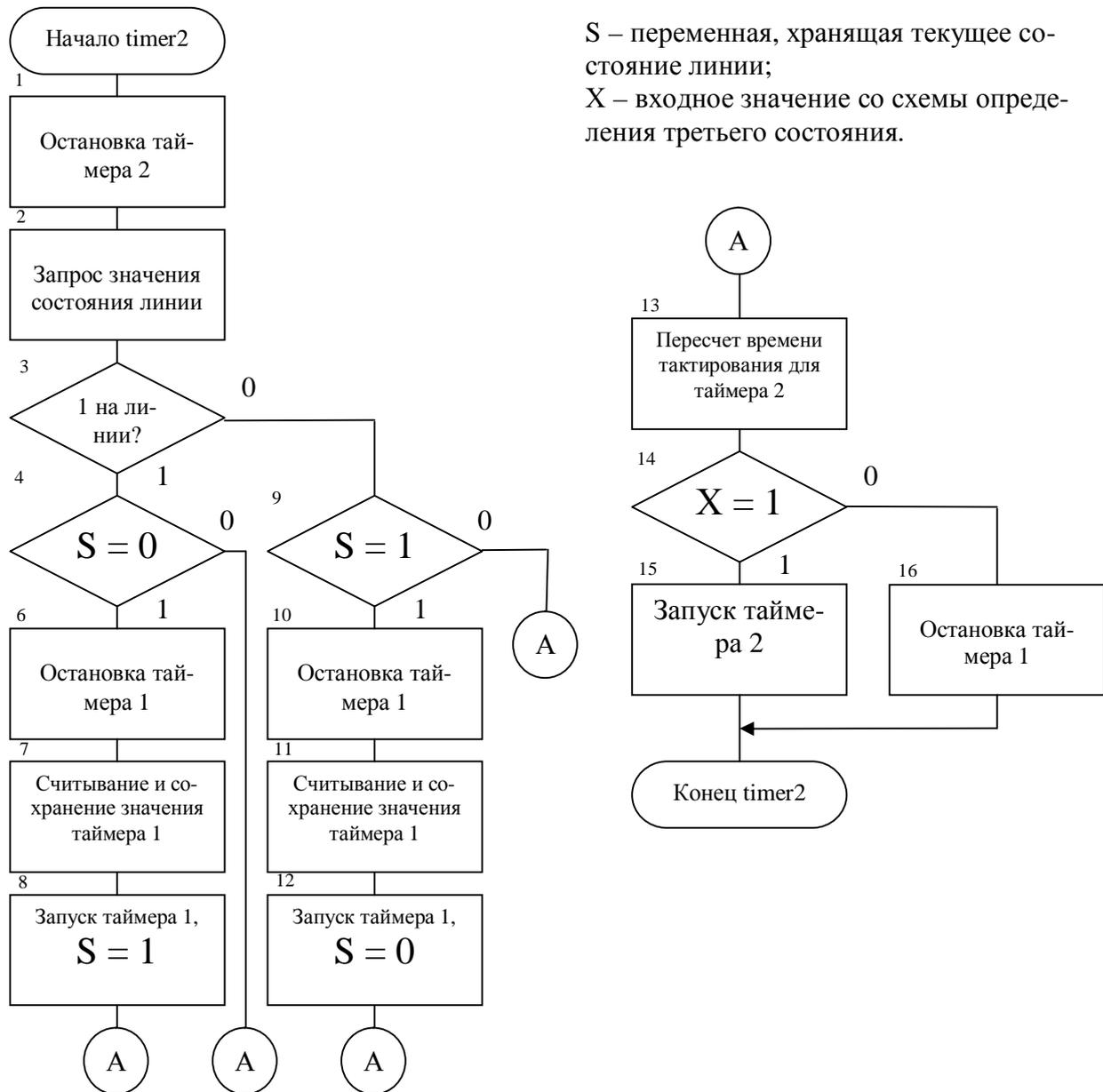


Рис. 4. Блок-схема алгоритма подпрограммы, вызываемой по прерыванию от таймера 2

Подпрограмма, вызываемая по прерыванию от второго таймера, выполняет основную задачу при приеме, распознавании данных и определении скорости передачи.

Ее работа начинается с остановки второго таймера и опроса линии (блоки 1 и 2). При определении единицы выполняется проверка переменной состояния линии и, если значение в ней отличается от текущего на линии останавливается первый таймер (блоки 3,4,6). Затем считывается значение таймера и сохраняется в переменной (блок 7). Это значение используется для пересчета времени тактирования таймера. Далее производится перезапуск первого таймера и переопределение переменной состояния линии (блок 8). Аналогичные действия производятся при определении значения нуля в линии (блок 3) с отличием лишь в том, что переменная состояния линии инициализируется нулем. Все логические ветви (блоки 4 и 9) сходятся в блоке 13, в котором выполняется пере-

счет времени тактирования для второго таймера. В конце алгоритма работы подпрограммы по прерыванию от второго таймера выполняется проверка значения со входа X (блок 14). При нулевом значении первый таймер останавливается (блок 16). В ином случае выполняется запуск второго таймера (блок 15).

На основе описанного подхода может быть реализовано чтение сообщений на любой скорости, причем максимальная нагрузка на микроконтроллер будет наблюдаться только в течение приема первого сообщения. При дальнейшем приеме данных линия опрашивается с вычисленной частотой, что позволяет освободить вычислительную мощность микроконтроллера для решения задач буферизации и обмена информацией с другими модулями полукomплекта.

Благодаря определенной частоте опроса появляется возможность распознавания битовой формы сообщений.

Анализ разработанного подхода для модели системы передачи данных по силовым линиям позволяет определить следующие преимущества:

1) уменьшается количество физических линий связи, используемых в системах управления, а, следовательно, повышается надежность работы угледобывающих комплексов;

2) уменьшается вычислительная нагрузка на микроконтроллер за счет увеличения интервала между запросами состояния линии, что позволяет использовать для реализации системы передачи информации существующую элементную базу;

3) уменьшается вероятность переполнения буфера приема, благодаря изменению подхода к определению значения в линии. Если при используемом алгоритме между полукomплектами передаются сообщения, содержащие состояние линии и длительности удерживания удаленным устройством этого состояния, то в разработанном алгоритме есть возможность передавать битовую форму сообщений, что значительно уменьшает загрузку канала в системе передачи;

4) разработанный алгоритм позволяет реализовывать передачу данных на более высоких скоростях за счет увеличения чувствительности модуля к изменению состояния в линии;

5) увеличивается скорость передачи информации между полукomплектами благодаря отсутствию необходимости передачи третьего состояния.

Список литературы

1. Использование PowerLine технологий в шахтных условиях / В.В. Ткачев, Д.А. Поперечный, В.В. Гапон и др. // Сб. науч. тр. Национального горн. ун-та. – 2006. – № 26, т. 1. с. 164-172.
2. Модель системы передачи данных по силовым линиям / В.В. Ткачев, П.Ю.Огеенко, Р.В. Макитренко, и др. // Сб. науч. тр. Национального горн. ун-та. – 2006. – № 26, т. 1. с. 143-148.