

Ю. И. ХМАРСКИЙ (ДИИТ)

## О ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ СТАНЦИОННОЙ АВТОМАТИКИ ПОВЫШЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Розглядається структура і принцип побудови мікропроцесорних схем низової залізничної автоматики за релейно-контактним принципом, які реалізують тривірвеву фільтрацію помилок, забезпечуючи найбільш високу захищеність систем станційної автоматики від помилок.

Рассматривается структура и принцип построения микропроцессорных схем низовой железнодорожной автоматики по релейно-контактному принципу, которые реализуют трехуровневую фильтрацию ошибок, обеспечивая наиболее высокую защищенность систем станционной автоматики от ошибок.

A structure and principle of construction of microprocessor circuit of local railway automation is examined on relay-and-contact principle, which realize the three-level filtration of errors providing the highest protection of the systems of station automation from errors.

Несмотря на бурный прогресс в области полупроводниковой электроники, большинство систем станционной железнодорожной автоматики, особенно в странах СНГ, включая Украину, построены на релейно-контактных элементах. Безусловно, по мере развития полупроводниковых элементов, были попытки пробного исполнения систем автоматики на бесконтактных элементах, однако они не дали нужного результата из-за надежности.

Невольно возникает вопрос о причине столь большого долголетия релейно-контактных устройств. Очевидно, что причина заключается в некой «скрытой» повышенной надежности этих устройств. И это действительно так. Для пояснения рассмотрим упрощенную логическую цепочку, которая является типовой для систем станционной автоматики (рис.1).

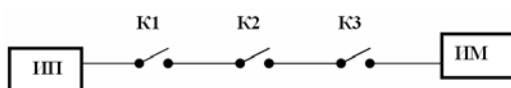


Рис. 1. Упрощенная логическая цепочка

На рис. 1 показана цепочка, которая управляет включением исполнительного механизма (ИМ). При совпадении трех логических условий, которые реализуются совпадением замкнутого положения контактов K1, K2, K3, питание от источника питания (ИП) подается на исполнительный механизм. В системах железнодорожной автоматики такими механизмами могут быть стрелки, сигналы светофоров и т.д. Логическими условиями – отсутствие враждебных маршрутов.

Нетрудно заметить, что схема реализует простую операцию конъюнкции:

$$Y = X1 \& X2 \& X3, \quad (1)$$

где  $Y$  – сигнал включения исполнительного механизма,  $X1, X2, X3$  – сигналы логических условий (реализуемых на рис. 1 контактами K1, K2, K3).

Реализация подобной схемы на бесконтактных логических элементах показана на рис. 2.

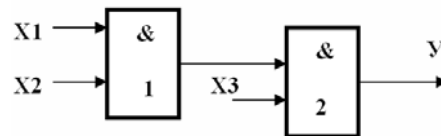


Рис. 2. Упрощенная логическая цепочка на бесконтактных логических элементах

Главное отличие схем на рис. 1 и рис. 2 заключается в том, что реализация логической функции  $y$  у них существенно отличается. В релейно-контактных схемах реализация логики (замыкание и размыкание контактов) лишь создает условия (формирует цепочку подключения) для подачи питания на исполнительный механизм. В логических электронных элементах каждый логический элемент по построению обязательно использует источник питания, и, следовательно, может быть источником активного питающего сигнала на выходе элемента при его отказе.

Исследования надежности при различных способах построения логических схем показывают, что логические схемы обладают свойством фильтрации ложных сигналов, которое зависит от вероятностных характеристик входных сигналов и логики распределения этих сигналов в схеме [1, 2, 3], а также от логики выходного элемента схемы [4]. Сравнивая схе-

мы реализации, показанные на рис. 1 и рис. 2, приходим к выводу, что схемы построения на релейно-контактных элементах обладают повышенной фильтрующей способностью по принципу их построения.

Например, из рис. 1 видно, что при разомкнутом состоянии всех трех контактов ложное замыкание одного или даже двух контактов не приводит к подаче питания на исполнительный механизм. В схеме на рис. 2 ложное срабатывание элемента 1 приводит к сигналу на выходе всей схемы только при  $X3 = 1$ , а ложное срабатывание элемента 2 сразу вызывает ложное включение исполнительного механизма. Из этого простого примера видно, что релейно-контактные схемы по своему принципу построения обладают повышенной фильтрующей способностью, т.е. защищенностью от ложных срабатываний.

К сожалению, типовые электронные бесконтактные элементы такими свойствами, по своему построению, не обладают, и поэтому простая замена релейно-контактных схем бесконтактными элементами невозможна, т.к. не дает нужного уровня надежности, что является обязательным критерием в схемах железнодорожной автоматики. Правда, в последнее время идет активная разработка станционных систем на бесконтактных элементах, имеются опытные станции, где основной упор сделан на микропроцессорные устройства, однако по принципу построения – это те же логические элементы, а, следовательно, уровень структурной надежности, который дают релейно-контактные схемы, может достигаться только за счет значительно усложнения, а, следовательно, удорожания системы. Кроме того, следует отметить, что даже при неправильном действии оператора, наличие, цепочек, подобных рис. 1, как последней инстанции, не приводит к ложному включению исполнительного механизма, если существуют другие разомкнутые контакты (эквивалент наличия враждебных маршрутов).

Из вышесказанного следует вывод, что при построении схем железнодорожной автоматики наличие логических схем, подобных релейно-контактным, как последней инстанции, обладающей способностью фильтрации ложных сигналов, практически обязательна. Однако, применение релейно-контактных схем связано с другой проблемой – необходимостью довольно затратных мер по контролю за их состоянием, своевременной замене новыми и т.д. Положение дополнительно усложняется тем, что

львиная доля таких реле производится в России.

Поэтому возникает вопрос: можно ли при современном состоянии развития полупроводниковой и, прежде всего, силовой электроники найти бесконтактные элементы, полностью эквивалентные по своим свойствам релейно-контактным устройствам?

Для поиска таких устройств рассмотрим основные функции, выполняемые реле (рис. 3).

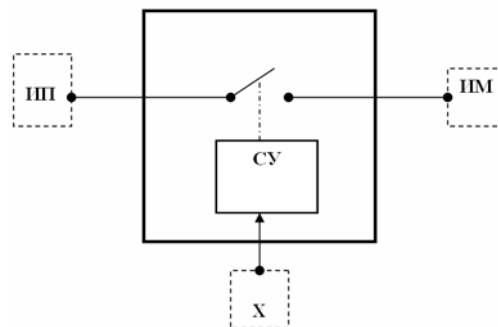


Рис. 3. Основные функции, выполняемые реле

Основная функция – передача питания замыканием контакта со входа ИП на выход к исполнительному механизму ИМ, или ко входу следующего реле. Требование к этой цепочке – повышенное напряжение и сравнительно большие токи. Управление состоянием контакта должно осуществляться внутренней схемой управления от входного низковольтного и низкими токами сигнала  $X$  (в современных условиях – желательно согласующемуся с уровнем ТТЛ). Кроме того, из важных условий – наличие гальванической развязки между силовой цепью и схемой управления и, безусловно, эти элементы должны быть бесконтактными.

Анализ состояния современной элементной бесконтактной базы показывает, что в принципе такие элементы есть. Такими элементами являются твердотельные оптоэлектронные реле. Выпускаются они в настоящее время многими (к сожалению, зарубежными) фирмами. Выпускаемые оптореле имеют различную мощность, разнообразие типов по электрическим характеристикам, количеству контактов и другим параметрам. Для примера можно назвать американскую фирму *CRYDOM*, выпускающую довольно широкий спектр (более 1000) различных твердотельных оптоэлектронных реле с гарантируемым временем наработки на отказ от 20 000 000 до 40 000 000 часов. Производит твердотельные оптоэлектронные реле и Россия, например ЗАО «Протон – Импульс». Число производителей оптореле в мире постоянно увеличивается, совершенствуются

их свойства, становится шире ассортимент. Можно предположить, что в настоящее время можно найти альтернативные варианты оптореле для каждого типа контактных реле железнодорожной автоматики. (К сожалению, такой анализ специалистами по железнодорожной автоматике не проводился).

Многообразие типов твердотельных оптореле на современном мировом рынке вселяет уверенность о возможности такой замены, а в случае подбора для каждого железнодорожного реле его оптоэлектронного заменителя возможен даже особо плавный переход от существующих схем низовой контактной автоматики к бесконтактным схемам. Так как схемы твердотельных заменителей компактны и на первых порах могут просто размещаться в корпусах заменяемых реле (даже без изменения в монтаже статов!), т.е. при таком плавном переходе появляется возможность работы «смешанных» схем, с постепенной заменой новыми элементами. Безусловно, в дальнейшем от старых громоздких статов следует также плавно переходить к компактным современным изделиям. Такой плавный переход очень важен для нашего государства, т.к. не требуют одновременных огромных финансовых затрат.

Базируясь на вышесказанном, укрупненная структура системы станционной железнодорожной автоматики с повышенной безопасностью может быть представлена в следующем виде (рис. 4):

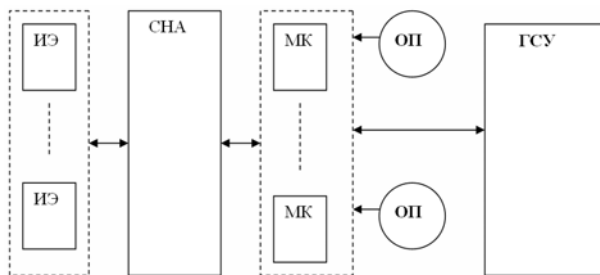


Рис. 4. Укрупненная структура системы станционной железнодорожной автоматики с повышенной защищенностью

Структура имеет четыре уровня. Самым низовым уровнем являются исполнительные элементы.

Исполнительные элементы ИЭ (стрелки, сигналы и т.д.) управляются (получают питание) схемами низовой бесконтактной автоматики (СНА) на оптореле, построенными по принципу релейно-контактной автоматики. Эти схемы являются, как уже отмечалось, последней фильтрующей инстанцией возможных ошибок.

В свою очередь, схемы низовой автоматики получают сигналы управления от системы управления, построенную на современных микропроцессорах (микроконтроллерах). Микропроцессорная система управления является необходимым звеном в управлении, так как дает несомненные преимущества по сравнению с прямым управлением от одного компьютера, которые заключаются в следующем:

- Возможность построения распределенной системы, что повышает ее живучесть.
- Возможности микропроцессорной системы гораздо выше, чем у схем низовой автоматики, поэтому она может реализовывать более сложные алгоритмы управления, анализировать более сложные ситуации ошибок как оператора, так и схем низовой автоматики и исполнительных элементов, оперативно реагировать на ситуацию. Таким образом, микропроцессорный уровень является средней фильтрующей инстанцией возможных ошибок.
- Каждый микропроцессорный модуль специализирован на более узкий круг задач управления по сравнению со всей системой и эти задачи он должен решать даже при отсутствии связи с инстанцией более высокого уровня.
- В связи с компактностью микропроцессорных устройств они могут быть размещены непосредственно на объекте, что повышает надежность принимаемой информации и упрощает средства их доставки.

Микропроцессорный уровень связан с головным системным уровнем (ГСУ). На этом уровне находится более мощная вычислительная техника. Если эта техника должна обеспечить возможность прямого вмешательства в управление, то для решения таких задач на этом уровне желательно предусмотреть промышленные ЭВМ. Данный уровень отличается глобальностью и мощностью решаемых задач. Принципиально этот уровень получает информацию от всех уровней системы, следовательно, имеет еще большие возможности для анализа возможного выявления ошибок и отказов, однако, он может быть и их источником для схем более низкого уровня. Но в принципе осуществляет первый уровень фильтрации глобальных ошибок.

Таким образом, данная структура и принцип построения схем низовой автоматики по релейно-контактному принципу обеспечивают трехуровневую фильтрацию ошибок, обеспечивая наиболее высокую защищенность систем станционной автоматики от ошибок.

В заключение уточним этапы разработки и внедрения уровня низовой автоматики таких систем.

- Первым этапом является анализ характеристик существующих реле железнодорожной автоматики и выбор оптоэлектронных твердотельных реле с такими же характеристиками.

- Вторым этапом является постепенная замена контактных реле на бесконтактные в тех же корпусах и тех же стативах.

- Третьим этапом является замена устаревших громоздких монтажных стативов на современное монтажное оборудование.

Однако следует отметить, что, несмотря на то, что схемы, построенные по релейно-контактному принципу, уже обладают повышенной фильтрующей способностью, анализ их на возможность улучшения этих свойств необходим. Поэтому третий этап начинается с анализа вероятностных характеристик сигналов схем низовой автоматики, проверки их фильтрующих свойств и коррекции схем с целью по-

лучения оптимальных фильтрующих свойств, а затем их практическая реализация.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хмарский Ю. И. Вопросы обеспечения надежности логических схем на ранних этапах проектирования // Труды ДИИТа. – Вып. 140/4. – Д., 1973.
2. Хмарский Ю. И. Метод логико-вероятностных соотношений // Труды ДИИТа. – Вып. 140/4. – Д., 1973.
3. Хмарский Ю. И. Синтез комбинационных логических схем по критерию надежности // Труды ДИИТа. – Вып. 162/9. – Д., 1975.
4. Хмарский Ю. И. Исследование влияния логики выходного элемента на потенциальную надежность синтезируемой схемы / Ю. И. Хмарский, И. В. Жуковицкий // Труды ДИИТа. – Вып. 172/7. – Д., 1975.

Поступила в редколлегию 30.03.2008.