Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVI, вып. 1, 1968 г.

УДК 622.647.2

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГЕБРЫ СОБЫТИЙ И СОСТОЯНИЙ К СИНТЕЗУ СХЕМ ШАХТНОЙ АВТОМАТИКИ

Н. М. Третьяков

Для синтеза и анализа структуры многотактных схем значительный интерес представляет алгебра событий и состояний, или обобщенная Булева алгебра, включающая время *. Синтезируем с ее помощью схему управления разветвленными конвейерными линиями. Условия, которым должна удовлетворять синтезированная схема, определяются из анализа серийно выпускаемых схем.

Схема строится по блочному принципу, блочная аппаратура должна быть бесконтактной, максимально простой и иметь минимальное число элементов в блоке и минимум межэлементных связей. Бесконтактные логические элементы, применяемые в аппаратуре управления, должны обладать высокой степенью унификации и позволять быструю и легкую замену в случае выхода их из строя.

Схема должна: 1) управлять конвейерными линиями с неограниченным числом ответвлений и конвейеров любого типа в линиях; 2) управляться минимальным количеством голых проводов (не более трех); 3) обеспечивать легкую привязку к существующему на шахте электромеханическому оборудованию; 4) быть гибкой и обеспечивать управление конвейерными линиями любой технологической схемы; 5) быть искробезопасной; 6) удовлетворять всем требованиям правил безопасности, предъявляемым к автоматической аппаратуре управления разветвленными конвейерными линиями.

Принимаем схему пуска конвейерных линий с места загрузки как более прогрессивную. При этом отпадает необходимость в операторе и сокращается до минимума количество каналов связи для передачи сигналов, необходимых для нормальной эксплуатации линий, что приводит к значительному упрощению схем управления конвейерами и экономии дефицитного кабеля.

Логическая часть каждого блока (счет конвейеров от головного) должна получать информацию о подготовке к запуску, разрешение на запуск от предыдущего блока, о состоянии тягового органа конвейера от датчиков. Затем выдается информация о своем состоянии: конвейер включился; конвейер аварийно заблокирован; гудок; разрешение на запуск предыдущего блока.

Условия, которые должен выполнять каждый блок управления конвейером, заключаются в следующем.

1. При подаче кратковременного импульса на включение (кнопка «ход» кратковременно нажата) схема запоминает сигнал и выдает в логический блок для дальнейшей обработки команду «подготовка к запуску».

2. Одновременно с появлением сигнала «подготовка к запуску» включается гудок предупредительной сигнализации, который отключается после введения конвейера в нормальный режим работы.

---

* Беркли Э. Символическая логика и разумные машины. ИЛ, 1961.

3. Через 10 *сек* после появления сигнала «подготовка к запуску» (предупредительная задержка) при появлении команды из предыдущего блока «разрешение на запуск данного блока» производится запуск конвейера.

4. Время запуска конвейера ограничено. Если через 5 *сек* после включения конвейера тяговый орган его не набрал рабочей скорости, или, если в любой момент после установления рабочей скорости тягового органа датчик скорости (или другие датчики) не работает, происходит включение двигателя конвейера. Это состояние аварийное, оно запоминается, и повторное включение конвейера запрещается.

5. Снятие блокировки осуществляется после ликвидации аварии кратковременным нажатием кнопки «снятие блокировки».

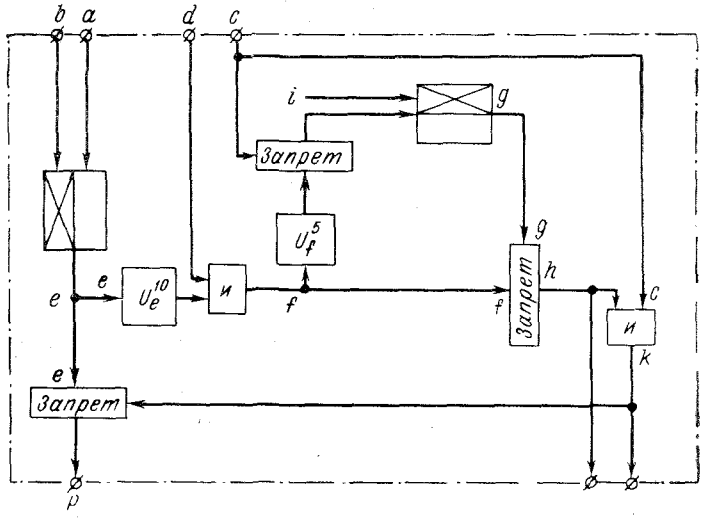


Рис. 1. Логическая схема блока.

6. Если запуск прошел нормально, схема выдает команду в следующий блок и одновременно отключает свой звуковой сигнал.

7. Оперативное отключение блока или прекращение запуска происходят подачей кратковременного импульса на включение памяти (кнопка «стоп» кратковременно нажата), запомнившей сигнал на запуск.

Рассмотрим работу одного из блоков системы (рис. 1). Пусть a, b, c, d — сигналы о нажатии кнопки «ход», кнопки «стоп», о нормальной работе датчика скорости, о разрешении на запуск данного блока. Тогда состояние схемы e (подготовка к включению) описывается функцией «состояние от события a до события b»:

$$e = \overline{b}(a \vee De). \tag{1}$$

Событие «команда на включение двигателя» обозначим через f. Это событие, происходящее в обусловленный момент времени, может быть выражено через оператор $U^t(e)$ «заданные моменты» *. Согласно п. 3, событие должно иметь место через 10 *сек* после e и при появлении d, тогда

$$f = U_e^{10} d. \tag{2}$$

Функцию, описывающую состояние, в котором схема блокирована, выразим пока условно через g (схема блокирована), тогда состояние «двигатель конвейера включен» можно выразить функцией h «состояние от события f до события g»

$$h = \overline{g}(f \vee Dh). \tag{3}$$

* Здесь и далее используются символы, введенные в работе Э. Беркли.

Рассмотрим функцию g. Согласно п. 4, g имеет место, если в заданный момент времени через 5 *сек* после f, (U_f^5) датчик скорости не работает нормально. Деблокировка схемы осуществляется при появлении событий i — «кнопка сброса блокировки нажата». Следовательно, функцию g — «состояние от события $U_f^5 e$ до события i можно выразить уравнением:

$$g = \bar{i}\,(U_f^5 \bar{c} \vee Dg). \tag{4}$$

Событие k — «разрешение на запуск следующего блока»

$$k = hc. \tag{5}$$

И, наконец, состояние p — «гудок гудит», согласно п. 2 можно выразить как «состояние от события e до события k»

$$p = \bar{k}\,(e \vee Dp). \tag{6}$$

На основании равносильностей перекрывающихся функций можно записать:

$$f \vee Dh = f \text{ и } e \vee Dp = e.$$

Тогда

$$h = \bar{g} f, \tag{7}$$

$$p = \bar{k} e. \tag{8}$$

Для того, чтобы обеспечить правильность работы схемы, нужно учесть время переключения схемных элементов, реализующих функции e и g. Так, для реализации функции e длительность события a должна быть больше времени надежного переключения схемного элемента, реализующего функцию e.

Для реализации функции g необходимо, чтобы длительность события $U_f^5 \bar{c}$ была больше времени надежного переключения схемных элементов, реализующих функцию g. Заметим, что операторы U_e^{10} и U_f^5 могут быть реализованы элементом «задержка».

Полученные выражения описывают узлы синтезированной схемы, однако, не являются оптимальными по количеству логических элементов, необходимых для их реализации. Применив более сложные логические функции, можно значительно уменьшить количество элементов в схеме. Используя функцию «запрет», получаем:

$$g = \bar{i}\,(U_f^5 \Longrightarrow c \vee Dg), \tag{9}$$

$$h = f\bar{g} = g \Longrightarrow f, \tag{10}$$

$$p = e\bar{k} = k \Longrightarrow e. \tag{11}$$

Синтезированная логическая схема блока управления конвейерами (рис. 1) реализована на магнитных логических элементах серии ЭЛМ-50. Решающими факторами при их выборе явились: искробезопасные параметры «вход—выход», некритичность к параметрам питающего напряжения, что важно в условиях шахтной сети, широкие возможности системы ЭЛМ-50 в реализации сложных логических функций, что позволяет сократить необходимое количество логических элементов в блоке.

Схемная реализация произведена с учетом того, что блок может быть поставлен в технологической схеме головным, промежуточным, головным на ответвлении или хвостовым.

Для оперативной связи между блоками используется система искробезопасной телефонной связи.

Для уплотнения каналов связи в схеме (рис. 2) применяется качественная селекция сигналов. Признак качества — фаза.

Для подготовки блока головным, промежуточным и головным на ответвлении перемычки $b—c$ ставятся в положение $a—b$; $e—f$ в положение $d—e$. Для подготовки блока хвостовым перемычки ставятся в положение, указанное на рис. 2, кнопка сигнализации $КС$ замыкается.

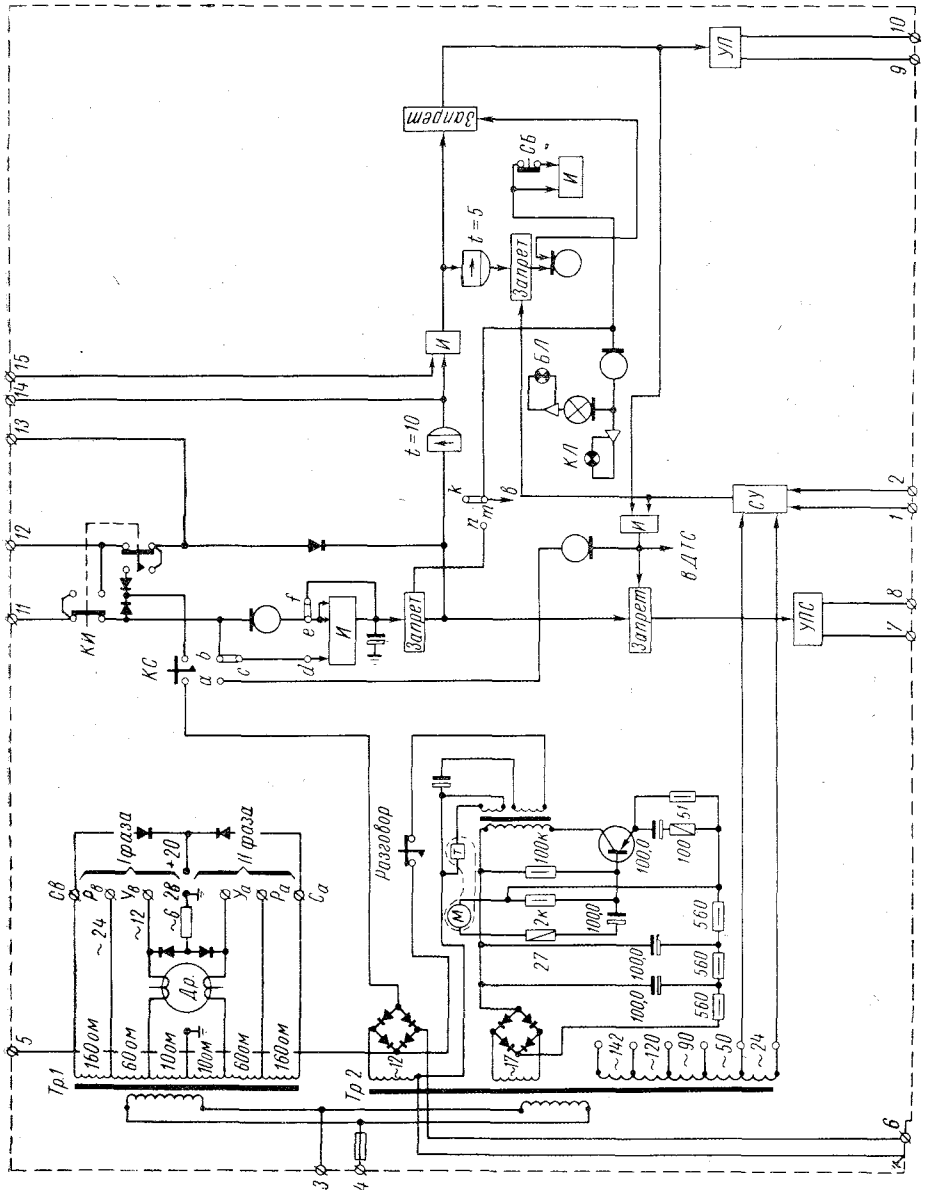


Рис. 2. Принципиальная схема блока управления разветвленными конвейерными линиями.

СУ — согласующее устройство; *УП* и *УПС* — усилители соответственно пускателя и гудка; *СБ* — кнопка снятия блокировки.

Внешняя аппаратура присоединяется с помощью разъемов к выходам 1—15.

В случае, если линия включает скребковые конвейеры, для исключения скачивания цепи, при ее порывах на всех блоках управления скребковыми конвейерами перемычка $k—m$ становится в положение $n—m$.

Кнопка исключения *КИ* должна быть всегда разблокирована, за исключением случая вывода блока из автоматического управления. При нажатии

кнопки *КС* и заблокированной кнопки *КИ* произойдет местный запуск конвейера, если же при этом кнопка *КИ* разблокирована, запустятся данный конвейер и все остальные, принимающие от него уголь.

Приведенный выше пример синтеза многотактной схемы управления разветвленными конвейерными линиями показывает, что применение математического аппарата алгебры событий и состояний позволяет легко и быстро записывать условия работы схемных элементов многотактных схем в аналитическом виде, непосредственно со слов формулы срабатывания (минуя таблицы включения). Кроме того, возможны равносильные преобразования и упрощения полученных выражений непосредственно в аналитическом виде, а также свободный переход до логической схемы к принципиальной.

Математический аппарат алгебры событий и состояний, представляя собой естественное развитие Булевой алгебры, не сложен, может быть легко освоен проектировщиками и применен при разработке многотактных схем шахтной автоматики.