

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES
ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

Научная статья
УДК 66-933.4

**ОСОБЕННОСТИ ЧТЕНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ**

¹ Степан Иванович Козлов, ² Василий Михайлович Кузюр, ² Сергей Иванович Будко,
² Игорь Владимирович Кузьменко

¹ УО Белорусская сельскохозяйственная академия, Могилевская обл., Горки, Республика Беларусь
² ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Принципиальные электрические схемы – графические изображения, служащие для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений связей между элементами электрического устройства. Они очень широко применяются для раскрытия содержания систем автоматизации, что позволяет не только охарактеризовать, но и описать назначение, устройство и рабочий процесс электротехнического устройства. Принципиальные электрические схемы системы автоматизации определяют полный состав отдельных элементов и устройств, входящих в ее структуру, с соответствующими физическими связями между элементами и устройствами. Принципиальные электрические схемы разрабатываются согласно требованиям стандартов, которые определяют правильное выполнение схем. В принципиальных электрических схемах отдельные элементы и устройства принято показывать с помощью стандартных условных графических и буквенных обозначений. Схемы выполняются без соблюдения масштаба и, как правило, без учета действительного пространственного расположения отдельных элементов и устройств в системах автоматизации. При необходимости пространственное расположение отдельных элементов и устройств учитывается приближенно при их изображении в принципиальных электрических схемах.

Ключевые слова: автоматизация, принципиальная схема, элементы, устройство, блокировка, защита, позиционные обозначения

Для цитирования: Особенности чтения принципиальных электрических схем систем автоматизации / С.И. Козлов, В.М. Кузюр, С.И. Будко, И.В. Кузьменко // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 2 (102). С. 55-60.

Original article

**FEATURES OF READING SCHEMATIC ELECTRICAL DIAGRAMS
OF AUTOMATION SYSTEMS**

¹Stepan I. Kozlov, ²Vasiliy M. Kuzhur, ²Sergei I. Budko, ²Igor` V. Kuz'menko

¹Belarusian Agricultural Academy, Mogilev region, Gorki, Republic of Belarus

²Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. Schematic electrical diagrams are graphic images used for transmission using conventional graphical and alphanumeric designations of connections between elements of an electrical device. They are very widely used to disclose the content of automation systems, which allows not only to characterize, but to describe the purpose, device and workflow of an electrical device. The schematic electrical diagrams of the automation system determine the complete composition of the individual elements and devices included in its structure, with the corresponding physical connections between the elements and devices. The schematic electrical diagrams are developed according to the requirements of standards that determine the correct execution of diagrams. In the schematic electrical diagrams, individual elements and devices are usually shown using standard conventional graphic and letter designations. The diagrams are made without respect to scale and, as a rule, without taking into account the actual spatial arrangement of individual elements and devices in automation systems. If necessary, the spatial arrangement of individual elements and devices is taken into account approximately when depicting them in schematic electrical diagrams.

Keywords: automation, schematic diagram, elements, device, blocking, protection, position designations.

For citation: Features of reading schematic electrical diagrams of automation systems / S.I. Kozlov, V.M. Kuzhur, S.I. Budko, I.V. Kuz'menko // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 2(102): 55-60.

Введение. Постановка задачи. Известно, что принципиальные электрические схемы – это графические изображения (модели), служащие для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений (пиктограм) связей между элементами электрического устройства. Они очень широко применяются для раскрытия содержания систем автоматизации, что позволяет не только охарактеризовать, но описать назначение, устройство и рабочий процесс электротехнического устройства [1, 3, 4].

В реально действующих системах автоматизации современных технических средств, как правило, реализуется некоторая совокупность из указанных функциональных задач и отдельных функций. Например, в одних системах автоматизации наиболее часто находит решение следующая совокупность функциональных задач и функций: автоматическое управление (регулирование), автоматическая сигнализация и автоматическая защита; в других – может обеспечиваться несколько иная совокупность функциональных задач и функций: автоматический контроль, автоматическая сигнализация, автоматическая защита и т. п.

Принципиальные электрические схемы системы автоматизации определяют полный состав отдельных элементов и устройств, входящих в ее структуру, с соответствующими физическими связями между элементами и устройствами [2, 3, 4].

Результаты эксперимента. Анализ эксперимента. В системах автоматизации применяются технические средства, которые отличаются между собой по функциональному назначению и по сложности конструктивного исполнения. В зависимости от конструктивной сложности и количества выполняемых функций технические средства разделяются на простые и сложные.

К простому относится устройство, которое выполняет одну самостоятельную функцию и не имеет отдельной принципиальной электрической схемы. К сложному относится устройство, которое выполняет несколько функций или имеет самостоятельную принципиальную электрическую схему.

Простое устройство представляет собой компактную инженерно-техническую конструкцию, которая не может быть разделена на отдельные составные части по функциональным признакам. Простое устройство, выполняющее в системе автоматизации одну конкретную функцию, принято называть отдельным элементом.

Отдельный элемент в системе автоматизации представляет собой самостоятельно обособленную составную ее часть, которая выполняет только одну конкретную функцию.

К отдельным элементам относятся резисторы, конденсаторы, трансформаторы, электродвигатели и т. п. Несмотря на различную конструктивную сложность каждое из указанных устройств выполняет только одну функцию. Например, электродвигатель значительно сложнее резистора и конденсатора, но он выполняет одну функцию, являясь преобразователем электрической энергии в механическую, и не имеет самостоятельной принципиальной электрической схемы.

Отдельные элементы имеют свои стандартные графические и буквенные условные обозначения, которые применяются для их изображения в принципиальных электрических схемах.

Сложное устройство представляет собой компактную инженерно-техническую конструкцию, которая может быть разделена на отдельные составные части. Каждая составная часть сложного устройства выполняет самостоятельную и конкретную функцию. Сложное устройство принято называть просто устройством, а его отдельные части – составными элементами.

Устройство в системе автоматизации – это совокупность составных элементов, на которые оно может быть разделено по функциональному признаку и может иметь самостоятельную принципиальную электрическую схему.

Каждое устройство, применяемое в системах автоматизации, состоит из определенного количества составных элементов. Каждое устройство и его составные элементы имеют стандартные графические и буквенные условные обозначения, которые применяются для их показа в принципиальных электрических схемах.

В системах автоматизации используется большое количество разнообразных устройств, отличающихся между собой по функциональному назначению и по сложности конструктивного исполнения. По функциональному назначению некоторые устройства размножают входной сигнал, некоторые устройства усиливают входной сигнал и т. п.

По конструктивному исполнению устройства разделяются на менее сложные и более сложные. Менее сложными устройствами являются электромагнитные пускатели, контакторы, электромагнитные реле и т. п. Такие устройства обеспечивают размножение входного сигнала, самоблокировку и автоблокировку. Более сложные устройства, например полупроводниковые усилители (однокаскадные и многокаскадные) различной конструкции и различного типа, обеспечивают только усиление входного сигнала за счет использования энергии источника питания. Однако усилители имеют

самостоятельные принципиальные электрические схемы, которые, как правило, характеризуются значительной сложностью [3,4,5].

Блокировка в системах автоматизации – совокупность элементов и устройств, обеспечивающая конкретную последовательность фиксирования рабочих органов и механизмов объекта автоматизации в определенном режимном состоянии (рабочем или не рабочем). Это исключает ошибочные действия обслуживающего персонала при пуске и остановке систем автоматизации, что предотвращает возникновение внештатных ситуаций. Блокировка может осуществляться в автоматическом (автоблокировка) или ручном режимах.

Защита в системах автоматизации выполняет конкретную функцию и обеспечивается соответствующими техническими средствами. Такие технические средства обеспечивают защиту силовых цепей и цепей управления от короткого замыкания, потери фазы и т. д. Для защиты системы автоматизации используют конкретные устройства, например автоматические выключатели, предохранители, устройства защитного отключения и другие электронные изделия.

Принципиальные электрические схемы широко применяются при проведении наладочных работ систем автоматизации. Во время эксплуатации систем автоматизации принципиальные электрические схемы применяются для выполнения анализа и выявления в системах автоматизации возникающих неполадок.

Независимо от степени сложности системы автоматизации любая ее принципиальная электрическая схема представляет собой определенным образом составленное сочетание элементарных электрических цепей (последовательного, параллельного и смешанного соединений), выполняющих в заданной последовательности ряд стандартных операций: порождение сигналов, связанных с изменением физических параметров автоматического управления и контроля; сравнение таких сигналов с заданными значениями параметров автоматического управления и контроля; формирование управляющих и командных сигналов; размножение управляющих и командных сигналов; передачу управляющих и командных сигналов в исполнительные механизмы и регулирующие органы; превращение кратковременных сигналов в длительные, и наоборот, и т. п.

Условные графические обозначения отдельных элементов и устройств и соединяющие их линии связи располагаются в схеме с учетом обеспечения наилучшего представления о взаимодействии ее составных частей. Линии связи составляют из горизонтальных и вертикальных отрезков и имеют наименьшее число изломов и взаимных пересечений [4, 6].

Линии связи показываются, как правило, полностью, а иногда обрываются с целью улучшения чтения схемы. Место обрыва линии связи заканчивается стрелкой, около которой указывается обозначение оборванной цепи, например порядковый номер. Такой же порядковый номер указывается около места продолжения той же цепи и той же линии связи, которая располагается в другой части схемы.

Принципиальные электрические схемы выполняются для систем автоматизации, технические средства которых находятся в отключенном (нерабочем) состоянии. В случае необходимости отдельные элементы определенного устройства изображаются в каком-либо выбранном рабочем положении, что оговаривается на поле чертежа принципиальной электрической схемы.

Принципиальные электрические схемы систем автоматизации выполняются совмещенным и разнесенным способами. В некоторых опубликованных учебных источниках по названию обоих способов принципиальные электрические схемы называются совмещенными и разнесенными. Совмещенный и разнесенный способы выполнения принципиальных электрических схем имеют между собой существенное различие, которое обусловлено различными условными графическими обозначениями устройств.

Принципиальная электрическая схема, выполненная совмещенным способом, представляет собой чертеж, в котором конкретное устройство показывается одним графическим условным обозначением. Такое графическое обозначение упрощенно отражает устройство как единую и целую конструкцию, не разделенную на составные элементы.

При совмещенном способе изображения принципиальной электрической схемы устройство показывается в виде условного графического символа, например прямоугольника, в котором не изображаются составные элементы устройства, поэтому в таких схемах отсутствуют физические связи внутри условного графического символа, который обозначает устройство. Физические связи показываются линиями между такими условными графическими символами, обозначающими конкретное устройство, и другими элементами и устройствами, которые находятся в принципиальной электрической схеме.

Преимущество принципиальных электрических схем, выполненных совмещенным способом, выражается в их наглядности, простоте чтения, небольшом количестве физических связей между отдельными элементами и устройствами. Однако такие схемы не раскрывают структуру устройств, по-

казанных совмещенным способом, и существующие физические связи между их составными элементами (отдельными частями).

Принципиальная электрическая схема, выполненная разнесенным способом, представляет собой чертеж, в котором показываются условными графическими и буквенными обозначениями не только отдельные элементы системы автоматизации, но и составные элементы каждого устройства. Такая схема в полной мере раскрывает структуру каждого устройства, применяемого в системе автоматизации, а также существующие физические связи между составными элементами устройств и отдельными элементами системы автоматизации.

Отдельные элементы и составные элементы устройств размещаются в схеме в той последовательности, которая отражает протекание тока от плюса к минусу в цепях постоянного тока и от одной фазы к другой или от фазы к нейтрали в цепях переменного тока. Составные элементы различных устройств, например: электромагнитных пускателей, контакторов, электромагнитных реле и т. п., располагаются в разных местах принципиальной электрической схемы таким образом, чтобы реально отображать взаимодействие составных элементов устройств между собой и с отдельными элементами системы автоматизации [5, 6, 7].

Принципиальная электрическая схема состоит из определенного количества цепей. Отдельные цепи располагаются в схемах сверху вниз и слева направо в порядке заданной последовательности, определяющей действие отдельных элементов и составных элементов устройств системы автоматизации. Такое расположение электрических цепей в схеме носит название «строчный способ». Отдельные элементы и составные элементы устройств располагаются в принципиальных электрических цепях в горизонтальную строчку, что позволяет их читать слева направо. Принципиальная схема в целом, как правило, читается сверху вниз аналогично чтению текстового материала.

Чтобы принципиальная электрическая схема читалась просто и понятно, применяются специальные меры, которые позволяют легко и однозначно установить принадлежность каждого составного элемента к соответствующему устройству. Это достигается применением специальной системы стандартных условных обозначений. Такая система предусматривает использование стандартных условных графических обозначений отдельных элементов, устройств и их составных элементов, а также использование буквенно-цифровых обозначений как отдельных элементов, так и устройств и их составных элементов.

Условные графические обозначения (графические символы) выполняются в принципиальных электрических схемах согласно установленным стандартам.

В общем случае позиционное обозначение может состоять из трех частей, каждая из которых имеет самостоятельное смысловое значение [2, 3, 4].

В стандартной системе условных буквенно-цифровых обозначений используются так называемые позиционные обозначения. Позиционные обозначения присваиваются всем отдельным элементам, а также всем устройствам и их отдельным составным частям (элементам), которые изображаются в принципиальной электрической схеме.

В первой части позиционного обозначения указывается вид отдельного элемента или устройства. Первая часть обозначения содержит одну или две буквы латинского алфавита и представляет собой буквенный код видов элементов и устройств (пример: выключатель или переключатель – SA, реле электротепловое – КК и т.п.).

Во второй части позиционного обозначения указывается порядковый номер каждого отдельного элемента и каждого отдельного составного элемента устройства с учетом количества в системе автоматизации отдельных элементов и устройств однотипного вида.

Например, в принципиальной электрической схеме показываются пять однотипных отдельных элементов, которыми являются резисторы. В соответствии со данными стандартов каждый резистор согласно однобуквенному коду имеет буквенное обозначение R, что представляет собой первую часть позиционного обозначения. Во второй части этого обозначения рядом с буквой R пишутся порядковые номера от одного до пяти: R1, R2, R3, R4, R5. Позиционные обозначения пишутся сверху над условными графическими обозначениями резисторов.

В случае применения в системе автоматизации трех однотипных устройств, например трех реле напряжения, их позиционные обозначения в принципиальной электрической схеме показываются следующим образом: первая часть согласно двухбуквенному коду – KV, вторая часть отражает цифровую нумерацию – KV1, KV2, KV3. Катушка в реле является его входным составным элементом и отражает вход (входной канал) реле.

Третья часть позиционного обозначения применяется для показа выходных составных элементов (выходных каналов) устройства. Это позволяет при наличии в принципиальной электрической

ской схеме нескольких однотипных устройств определять принадлежность каждого выходного составного элемента соответствующему устройству.

Например, в системе автоматизации применяются три реле напряжения, каждое из которых имеет по три замыкающих контакта. Три замыкающих контакта являются выходными составными элементами каждого реле. Позиционные обозначения в принципиальной электрической схеме выходных составных элементов каждого реле пишутся над стандартными графическими условными обозначениями замыкающих контактов. Каждая контактная группа одного реле имеет следующее буквенно-цифровые обозначения: первого реле – KV1:1, KV1:2, KV1:3; второго реле – KV2:1, KV2:2, KV2:3; третьего реле – KV3:1, KV3:2, KV3:3.

Другие устройства, например электромагнитные пускатели, контакторы и т. п. имеют подобные позиционные обозначения, форма и содержание которых аналогична приведенным позиционным обозначениям реле напряжения. Отличие выражается только в буквенных обозначениях входных и выходных составных частей (элементов) конкретных устройств [2,4].

Примером является принципиальная электрическая схема, представленная на рисунке 1.

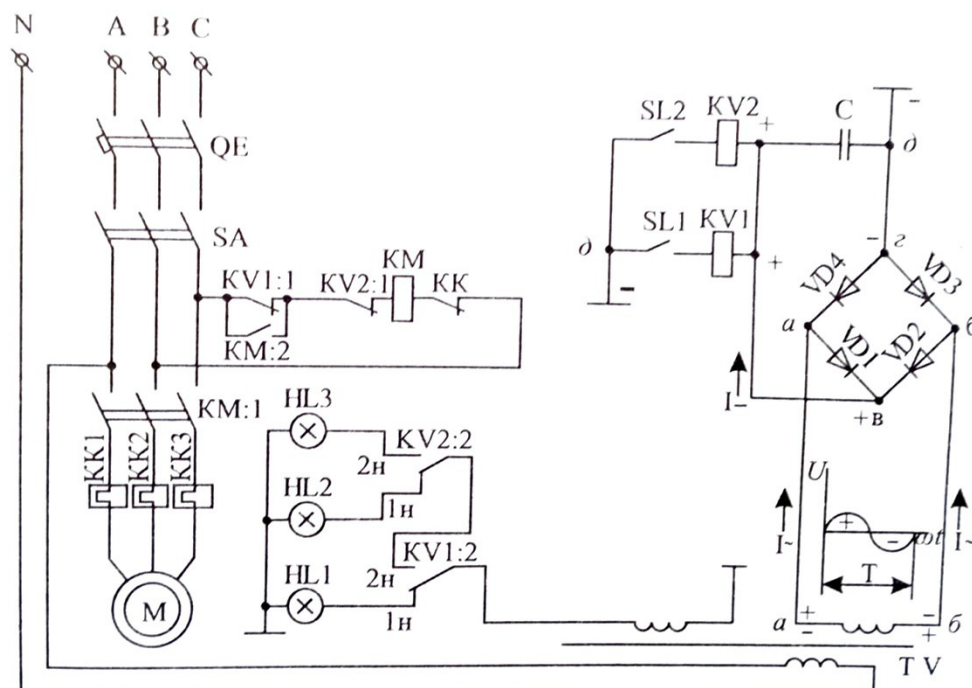


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема автоматического регулирования (САР) уровня в напорном резервуаре

Вывод. Таким образом, принципиальные электрические схемы системы автоматизации определяют полный состав отдельных элементов и устройств, входящих в ее структуру, с соответствующими физическими связями между элементами и устройствами. Соответственно, по своему совокупному и индивидуальному действию отдельные элементы и устройства в каждой системе автоматизации обеспечивают выполнение конкретных функциональных задач: автоматическое управление (регулирование), автоматический контроль, автоматическая сигнализация и отдельных конкретных функций: автоматическая защита, автоматическая блокировка и другие функции, имеющие иное конкретное назначение и содержание.

Список источников

1. Автоматизированный электропривод технологического оборудования пищевой промышленности и АПК / В.А. Шаршунов, М.М. Кожевников, О.В. Понталев и др. Мн.: Мисанта, 2019. 436 с.
2. Смирнов Ю.А. Основы автоматизации сельскохозяйственных машин. СПб.: Лань, 2024. 612 с.
3. Основы автоматизации технологических процессов / А.В. Щагин, В.И. Демкин, В.Ю. Кононов, А.Б. Кабанова. СПб.: ООО «Электронное изд-во Юрайт», 2023. 163 с.
4. Цифровые технологии, автоматизированные системы и роботы в животноводстве / В.И. Трухачев, И.В. Атанов, И.В. Капустин, Д.И. Грицай. СПб.: ООО «Издательство Лань-Пресс», 2023. 104 с.
5. Козлов С.И., Бортник С.А., Козлов В.М. Эксплуатационное содержание и сущность систем автоматизации современной сельскохозяйственной техники // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. Брянск, 2022. С. 10-19.

6. Козлов С.И., Бортник С.А. Структурный анализ автоматизированных систем управления сельскохозяйственной техники // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. Брянск, 2019. С. 276-281

7. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С.И. Козлов и др. // Технический сервис машин. 2021. № 4 (145). С. 62-68.

Информация об авторах:

С.И. Козлов - кандидат технических наук, доцент кафедры механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства, УО Белорусская сельскохозяйственная академия, Stepan-61@mail.ru

В.М. Кузюр - кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, kvming@mail.com

С.И. Будко - кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, s.budko.32@bk.ru

И.В. Кузьменко – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

S.I. Kozlov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization of Animal Husbandry and Electrification of Agricultural Production, Belarusian Agricultural Academy, Stepan-61@mail.ru

V.M. Kuzyur - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Bryansk State Agrarian University, kvming@mail.com

S.I. Budko - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Bryansk State Agrarian University, s.budko.32@bk.ru

I.V. Kuz'menko - - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.11.2023; одобрена после рецензирования 20.03.2024, принята к публикации 26.03.2024 .

The article was submitted 16.11.2023; approved after reviewing 20.03.2024; accepted for publication 26.03.2024.

© Козлов С.И., Кузюр В.М., Будко С.И., Кузьменко И.В.