

**АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА
МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ
МПЦ-МПК**

(доказательство безопасности)

ПГУПС – ЦКЖТ

2006

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая характеристика и принципы обеспечения безопасности функционирования аппаратных средств микропроцессорной централизации МПЦ-МПК.....	3
2. Конструктивное исполнение УВК МПЦ микропроцессорной централизации МПЦ-МПК.....	8
3. Особенности построения и методы обеспечения безопасности устройств сопряжения микропроцессорной централизации МПЦ-МПК.....	10
3.1. Общая характеристика устройств сопряжения.....	10
3.2. Контроллеры безопасного сопряжения КБС-У-24 и КБС-К-24.....	15
3.2.1. Плата ДБК-24.....	15
3.2.2. Плата БЛУ-6.....	18
3.2.3. Плата УБВ-6.....	20
3.3. Аппаратура безопасного сопряжения силового уровня.....	22
3.3.1. Силовой модуль СМ-С.....	22
3.3.2. Силовой модуль СМ-СТ.....	27
3.3.3. Модуль КМ-СТ.....	30

1. Общая характеристика и принципы обеспечения безопасности функционирования аппаратных средств микропроцессорной централизации МПЦ-МПК.

Микропроцессорная централизация МПЦ-МПК представляет собой систему управления, реализующую алгоритм функционирования централизации стрелок и сигналов станций железнодорожного транспорта и метрополитена на программном уровне. В состав МПЦ-МПК входит автоматизированное рабочее место дежурного по станции (АРМ ДСП) и управляющий вычислительный комплекс (УВК МПЦ). УВК МПЦ состоит из вычислительных средств (контроллеров МПЦ и контроллеров комплектов) и устройств сопряжения, представленных аппаратурой безопасного сопряжения логического и силового уровня. Обмен данными между АРМ ДСП и УВК МПЦ осуществляется с помощью локальной вычислительной сети. Обмен данными между контроллерами МПЦ и устройствами сопряжения осуществляется с помощью интерфейса RS-485. Структурная схема микропроцессорной централизации МПЦ-МПК приведена на рисунке 1.

АРМ ДСП системы МПЦ-МПК предназначен для организации пользовательского интерфейса по управлению и контролю объектами централизации стрелок и сигналов на станции. АРМ ДСП выполнен на основе двух ПЭВМ (комплекты А и В), объединенных локальной сетью. В эту сеть также включен АРМ электромеханика, а также при необходимости могут быть включены другие пользователи информации о передвижении поездов на станции.

УВК МПЦ предназначен для реализации основных функций микропроцессорной централизации, связанных с управлением напольными объектами станций.

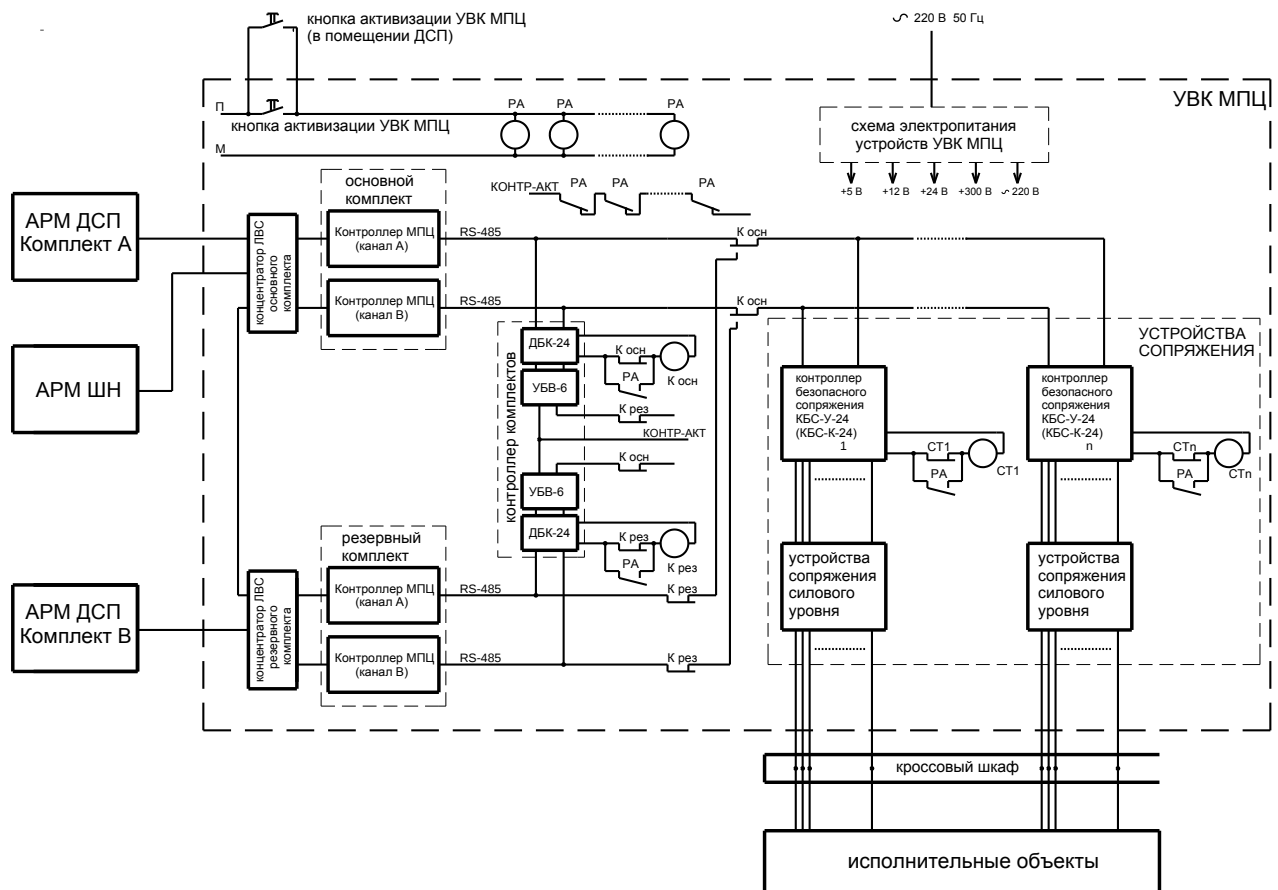


Рис.1. Структурная схема микропроцессорной централизации МПЦ-МПК.

УВК МПЦ обеспечивает реализацию следующих функций:

1. сбор и обработка информации о состоянии объектов (положение стрелок, свобода или занятость рельсовых цепей, целостность нитей светофорных ламп) в соответствии с алгоритмом функционирования систем централизации стрелок и сигналов;
2. обмен информацией с АРМ ДСП и другими АРМами по локальной вычислительной сети (ЛВС);
3. реализация команд ДСП по установке, отмене и искусственной разделке маршрутов, перевода стрелок и пр. с соблюдением всех требований по обеспечению безопасности движения поездов;
4. сопряжение с системами ДЦ.

Основной особенностью УВК МПЦ микропроцессорной централизации МПЦ МПК является реализация функций, связанных с безопасностью движения поездов, на уровне вычислительных средств и

непосредственное управление стрелками и сигналами без использования электромагнитных реле. Безопасность функционирования микропроцессорной централизации обеспечивается за счет дублирования вычислительных средств (контроллеров МПЦ) и использования принципа управления «2 из 2», при котором активизация исполнительных объектов осуществляется лишь при наличии соответствующих команд на выходах обоих каналов дублированной системы. Реализуется данный принцип управления за счет использования безопасных логических элементов «И», входящих в состав контроллеров безопасного сопряжения и представляющих собой электронные устройства с несимметричным отказом. Непосредственное взаимодействие с исполнительными объектами (напольными объектами станций) осуществляется с помощью аппаратуры безопасного сопряжения силового уровня. Безопасность функционирования данной аппаратуры при возникновении отказов обеспечивается путем использования функциональных преобразователей с несимметричным отказом.

Для предотвращения возникновения опасных ситуаций при накоплении отказов вычислительных средств осуществляется постоянный контроль идентичности информации в каналах вычислительной системы. Данная задача в системе МПЦ-МПК также возложена на контроллеры безопасного сопряжения, которые осуществляют контроль идентичности информации не только на выходах контроллеров МПЦ, но и в пределах собственной структуры, вплоть до входных цепей безопасных логических элементов. В случае нарушения идентичности информации происходит необратимое отключение соответствующей группы устройств сопряжения, что реализуется с помощью сторожевых реле СТ, представляющих собой реле первого класса надежности. Под необратимостью отключения здесь и далее следует понимать такую особенность функционирования схем, при которой повторное включение устройств после устранения неисправности возможно только путем определенных действий, производимых обслуживающим

персоналом (в данной системе таким действием является нажатие кнопки активизации УВК МПЦ). Необратимость отключения в данной системе может быть реализована различными способами, например, путем включения в цепь обмотки электромагнитного реле контакта этого же реле, шунтируемого при нажатии указанной кнопки.

Необходимая отказоустойчивость системы обеспечивается за счет резервирования дублированных комплектов контроллеров МПЦ. В нормальном режиме функционирование системы обеспечивается за счет основного комплекта. Резервный комплект отключен от устройств сопряжения и находится в состоянии горячего резерва (на контроллеры МПЦ подается напряжение питания, они постоянно включены в локальную вычислительную сеть и реализуют алгоритм функционирования системы параллельно с основным комплектом). Для обнаружения необходимости переключения устройств сопряжения с основного комплекта на резервный используются контроллеры комплектов, которые, также как и контроллеры безопасного сопряжения, осуществляют контроль идентичности информации в каналах. Для этого используются устройства ДБК-24, входящие в состав контроллеров комплектов. Коммутация линий интерфейса RS-485, по которому осуществляется обмен данными между контроллерами МПЦ и устройствами сопряжения, осуществляется с помощью электромагнитных реле К_{осн} и К_{рез}. Реле К_{осн} осуществляет необратимое переключение УСО на резервный комплект в случае нарушения идентичности сигналов на выходах основного комплекта. Реле К_{рез} осуществляет необратимое отключение резервного комплекта от УСО при нарушении идентичности сигналов на выходах последнего. Таким образом, исключается возможность переключения УСО на резервный комплект в случае, если в последнем уже есть неисправность. В качестве реле К_{осн} и К_{рез} используется реле первого класса надежности. Информация о состоянии реле К_{осн} и К_{рез} вводится в разноименные комплекты контроллеров МПЦ через посредство устройств

безопасного ввода УБВ-6 и ДБК-24, входящих в состав контроллера комплектов.

Включение реле СТ, Косн и Крез при первичном включении системы или после устранения неисправности осуществляется с помощью реле активизации РА, получающих питание при нажатии кнопок активизации УВК МПЦ. В качестве реле РА используется реле первого класса надежности. Для исключения опасной ситуации при залипании кнопок активизации осуществляется контроль выключенного состояния реле активизации путем последовательного подключения тыловых контактов реле РА к одному из входов устройства безопасного ввода УБВ-6, входящего в состав контроллера комплектов. Программное обеспечение контроллеров МПЦ должно функционировать таким образом, чтобы исключалась возможность управления объектами станции при невыключенных реле РА.

Реальная структурная схема МПЦ-МПК для конкретного объекта (станции) может иметь следующие отличия от структурной схемы приведенной на рисунке 1. В случае, если в каждом из контроллеров МПЦ используется несколько портов последовательного интерфейса, для каждой группы одноименных портов должен быть предусмотрен отдельный контроллер комплектов, а также отдельные реле Косн и Крез. Для обеспечения более четкого протоколирования действий обслуживающего персонала при устранении неисправностей могут быть предусмотрены две отдельные цепи активизации для включения сторожевых реле и включения реле Косн и Крез. Кроме того, может быть предусмотрена отдельная кнопка для принудительного переключения на резервный комплект путем размыкания цепи обмотки реле Косн.

2. Конструктивное исполнение УВК МПЦ микропроцессорной централизации МПЦ-МПК.

Конструктивно УВК МПЦ представляет собой два или более шкафов для электротехнического и электронного оборудования 19-дюймового стандарта, размещаемых в релейном помещении и обеспечивающих высокий уровень защиты от воздействия внешних факторов. В качестве последних могут быть использованы шкафы PROLINE производства Schroff, имеющие степень защиты IP55, или аналогичные изделия других производителей.

В одном из шкафов размещены контроллеры МПЦ и контроллеры комплектов, а также часть устройств сопряжения логического уровня, характеризующихся незначительной рассеиваемой мощностью (контроллеры безопасного сопряжения по контролю). Данный шкаф получает наименование «головной». В остальных шкафах размещаются устройства сопряжения, как логического, так и силового уровня.

Устройства сопряжения выполнены в виде плат, предназначенных для установки в типовые конструктивы 19-дюймового стандарта (Евромеханика) с использованием кросс-плат. Высота конструктивов соответствует типоразмеру 6U для контроллеров безопасного сопряжения и контроллеров комплектов и 3U для аппаратуры силового уровня.

Кроме вышеперечисленной аппаратуры в шкафах размещаются также устройства электропитания (субблоки питания), сторожевые реле для размещенных в данном шкафу контроллеров безопасного сопряжения и реле активизации. В головном шкафу размещаются также реле Косн, Крез и коммутаторы локальной сети.

Подключение к релейным схемам, к аппаратуре рельсовых цепей и к напольным объектам осуществляется с помощью кроссового шкафа, также представляющего собой электротехнический шкаф 19-дюймового стандарта.

Шкафы имеют следующие размеры: высота от 1800 до 2200 мм, ширина 600 мм, глубина 600 мм (для кроссового шкафа – глубина 400 мм). Передняя и задняя стенки шкафов представляют собой двери, позволяющие

обеспечить доступ к размещенному внутри оборудованию. Ввод кабеля может осуществляться как сверху, так и снизу. Шкафы УВК МПЦ размещаются в релейном помещении. Кроссовый шкаф может размещаться в кроссовом или релейном помещении, рядом со шкафами УВК МПЦ или отдельно от них.

3. Особенности построения и методы обеспечения безопасности устройств сопряжения микропроцессорной централизации МПЦ-МПК.

3.1. Общая характеристика устройств сопряжения.

Устройства сопряжения подразделяются на аппаратуру безопасного сопряжения логического уровня (контроллеры безопасного сопряжения КБС-У-24 и КБС-К-24) и аппаратуру безопасного сопряжения силового уровня (силовые комплекты СК-С, СК-У-СТ и СК-К-СТ). Структура устройств безопасного сопряжения приведена на рисунках 2 и 3.

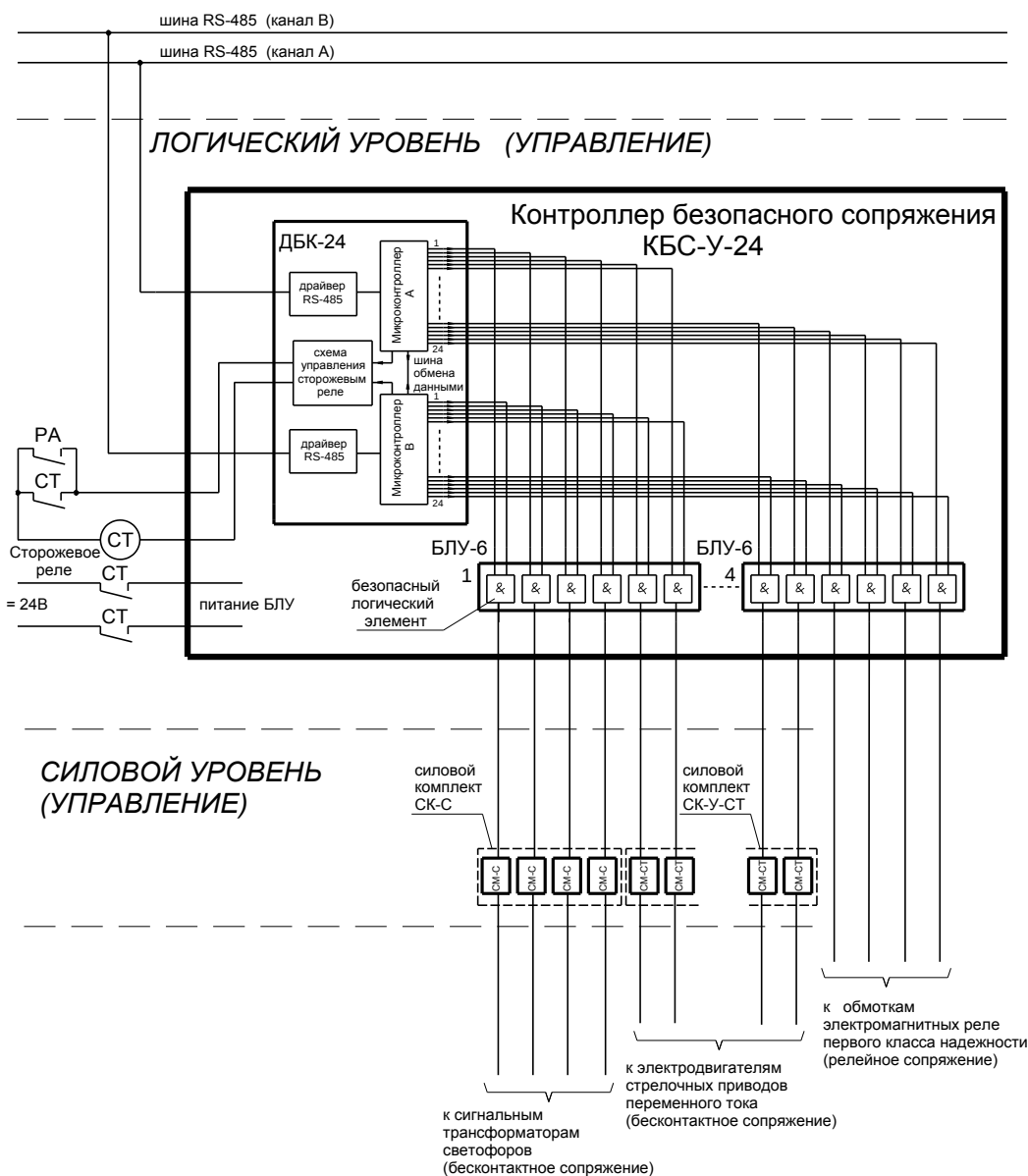


Рис.2. Структурная схема устройств сопряжения по управлению.

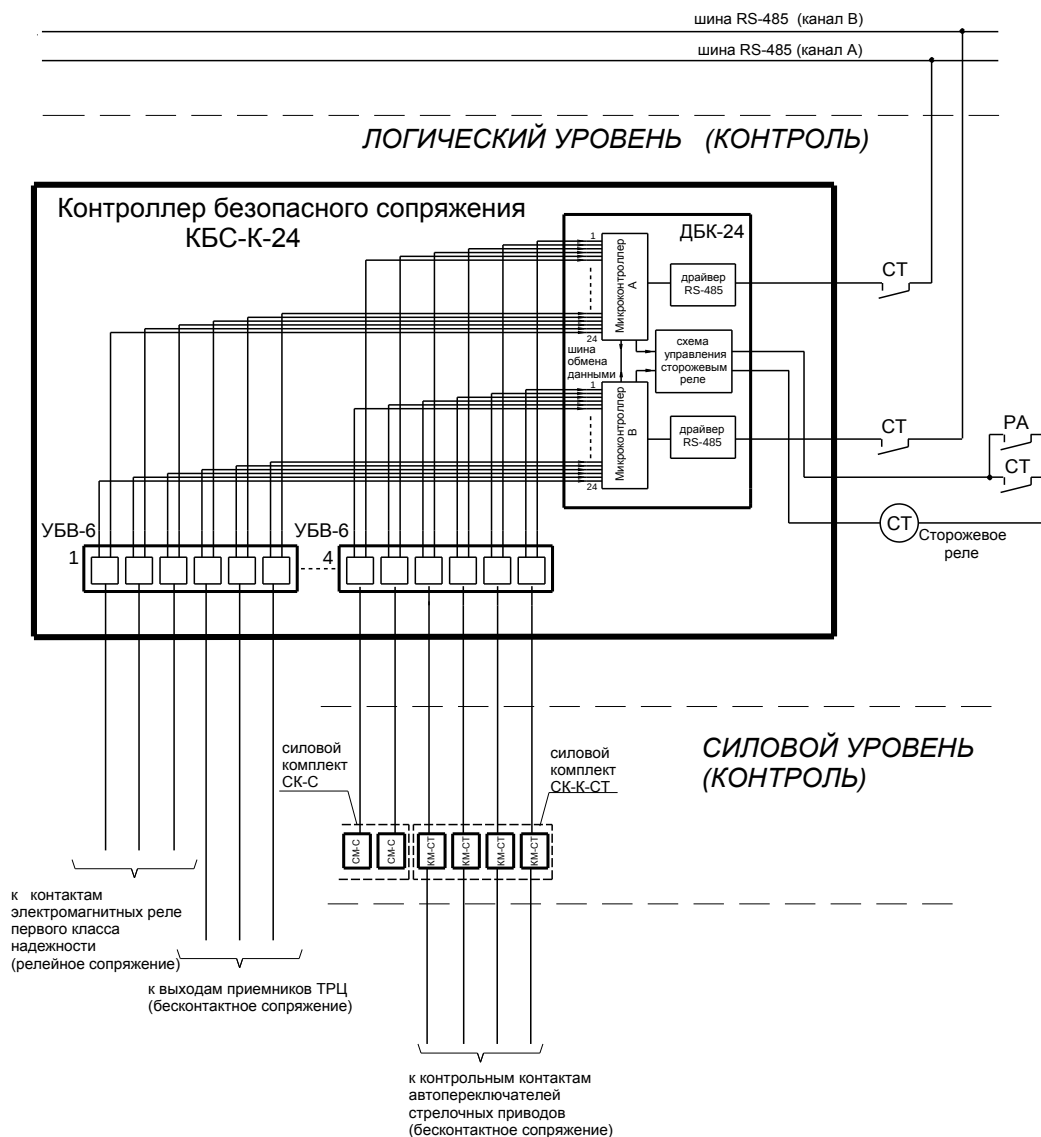


Рис.3. Структурная схема устройств сопряжения по контролю.

Контроллер безопасного сопряжения КБС-У-24 позволяет осуществлять безопасное управление 24 условными объектами МПЦ. Контроллер безопасного сопряжения КБС-К-24 позволяет осуществлять безопасный контроль состояния 24 условных объектов МПЦ. Характер и величина выходных сигналов КБС-У-24 и входных сигналов КБС-К-24 позволяет обеспечивать совместимость микропроцессорной централизации МПЦ МПК с релейными системами автоматики и дает возможность реализации релейного сопряжения с исполнительными объектами путем

непосредственного подключения обмоток реле первого класса надежности к выходам КБС-У-24 или контактов реле к входам КБС-К-24.

Контроллеры безопасного сопряжения выполняют следующие основные функции:

1. Взаимодействие с контроллерами МПЦ через средство интерфейса RS-485.
2. Контроль идентичности информации в каналах дублированной системы управления с целью выявления отказов дублированной структуры после контроллеров комплектов и гарантированное отключение устройств сопряжения при обнаружении несоответствия в передаваемой информации.
3. Обеспечение безопасной конъюнкции сигналов управления в дублированной системе для реализации принципа управления «2 из 2» (для КБС-У-24).
4. Безопасный ввод информации о состоянии контролируемых объектов в дублированный контроллер МПЦ (для КБС-К-24).

Для гарантированного отключения устройств сопряжения при обнаружении несоответствия в передаваемой по каналам информации используется сторожевое реле (СТ). Посредством контактов сторожевого реле отключается питание плат, осуществляющих дальнейшую передачу управляющих воздействий, либо производится отключение соответствующего контроллера безопасного сопряжения от интерфейса RS-485, чем предотвращается передача ложной информации в контроллеры МПЦ. Как вариант, возможно отключение с помощью контактов сторожевого реле питания соответствующей платы ДБК-24. Повторное включение сторожевого реле становится возможным только путем кратковременного нажатия кнопки обслуживающим персоналом после устранения причины нарушения нормальной работы системы.

В одну физическую линию интерфейса RS-485 может включаться до 32 контроллеров безопасного сопряжения. Для определения адреса контроллера в системе используются переключки, устанавливаемые на кросс-плате.

Контроллер безопасного сопряжения КБС-У-24 включает в себя одну плату ДБК-24 и четыре платы БЛУ-6, объединенные кросс-платой КП-24. Контроллер безопасного сопряжения КБС-К-24 включает в себя одну плату ДБК-24, четыре платы УБВ-6, объединенные кросс-платой КП-24.

Плата ДБК-24 предназначена для реализации работы с последовательным интерфейсом RS-485 и контроля идентичности информации в каналах. Платы ДБК-24, работающие в контроллерах КБС-У-24 и КБС-К-24, по схемотехническому решению совершенно одинаковы. Характер работы плат (ввод или вывод информации) определяется адресом контроллера безопасного сопряжения, определяемым переключками на кросс-плате КП-24. Плата ДБК-24 используется также для контроля идентичности информации в составе контроллеров комплектов.

Плата БЛУ-6 (безопасное логическое устройство) представляет собой 6 двухвходовых логических элементов «И» с несимметричным отказом. Она предназначена для выполнения безопасной конъюнкции управляющих сигналов в дублированной структуре МПЦ, что необходимо для реализации принципа управления «2 из 2».

Плата УБВ-6 (устройство безопасного ввода) предназначена для реализации безопасного ввода информации о состоянии контролируемых объектов в каналы дублированной структуры МПЦ. Входными сигналами УБВ-6 являются постоянные напряжения. На плате УБВ-6 размещены 6 преобразователей безопасного ввода, представляющих собой электронные схемы с несимметричным отказом.

Все внутренние соединения контроллеров безопасного сопряжения КБС-У-24 и КБС-К-24 реализованы в виде печатных дорожек на кросс-платах КП-24. Внешние цепи, включая цепи сторожевых реле, подключаются к винтовым клеммам, размещенным на кросс-платах.

Силовые комплекты позволяют осуществлять безопасное управление теми объектами, для работы которых необходимо переменное напряжение. К таким объектам относится светофорная лампа в комплекте с сигнальным трансформатором, а также трехфазный асинхронный электродвигатель стрелочного привода.

Силовой комплект СК-С предназначен для непосредственного управления 4 двухнитевыми светофорными лампами, подключенными через сигнальные трансформаторы. Данный силовой комплект включает в себя четыре силовых модуля СМ-С, объединенных кросс-платой КП-С. Силовой комплект СК-С обеспечивает автоматическое переключение каждой лампы на резервную нить в случае перегорания основной, а также осуществляет безопасный вывод информации о целостности нитей ламп.

Силовой комплект СКУ-СТ предназначен для непосредственного управления 4 стрелочными приводами переменного тока. Данный комплект включает в себя четыре силовых модуля СМ-СТ и одну кросс-плату КП-У-СТ.

Силовой комплект СКК-СТ предназначен для контроля положения 4 стрелочных переводов с контактными автопереключателями. Данный комплект включает в себя четыре модуля контроля положения стрелки КМ-СТ и одну кросс-плату КП-К-СТ.

Силовые модули, входящие в состав силовых комплектов являются электронными устройствами с несимметричным отказом и представляют собой инверторы, преобразующие постоянное напряжение питания в переменное напряжение, необходимое для работы напольного объекта. Входными сигналами для силовых комплектов СК-С и СК-У-СТ являются постоянные напряжения, поступающие с выходов КБС-У-24. Безопасность функционирования силовых модулей обеспечивается за счет того, что питание схем формирования управляющих сигналов для инверторов осуществляется от энергии входных сигналов. При отсутствии входного сигнала не осуществляется формирование управляющих воздействий для

ключей инвертора, а значит, становится невозможным преобразование постоянного напряжения в переменное.

3.2. Контроллеры безопасного сопряжения КБС-У-24 и КБС-К-24

3.2.1. Плата ДБК-24

Плата ДБК-24 (дублированный безопасный контроллер) предназначена для осуществления взаимодействия вычислительных средств УВК МПЦ с 24 условными объектами микропроцессорной централизации. Принципиальная схема платы ДБК-24 приведена в приложении, а функциональная схема на рисунках 2 и 3.

В основе безопасности ДБК заложен принцип использования двухканальной структуры, выраженный в наличии в составе устройства двух микроконтроллеров (DD1A, DD1B). Микроконтроллеры осуществляют преобразование последовательного потока данных, поступающих по интерфейсу RS-485 в параллельный поток данных, для реализации управления конкретными объектами, или параллельного потока данных, характеризующего состояние контролируемых объектов в последовательный для ввода информации о состоянии объектов в контроллеры МПЦ. Взаимодействие микроконтроллеров с интерфейсом RS-485 осуществляется с помощью драйверных микросхем DD3A, DD3B.

Выходными сигналами платы ДБК-24, осуществляющей управление объектами являются меандры ТТЛ-уровней частотой 10 кГц. Указанные сигналы формируются на выводах 1...9, 19...22, 27...30 и 33...40 микроконтроллеров и через кросс-плату КП-24 поступают на входы безопасных логических элементов «И», входящих в состав платы БЛУ-6. Входными сигналами платы ДБК-24, осуществляющей контроль состояния объектов являются синфазные импульсные сигналы ТТЛ-уровней частотой от 200 до 300 Гц, поступающие от плат УВБ-6 через кросс-плату на

указанные выше выводы микроконтроллеров, которые в этом случае перенастроены на ввод информации.

Между микроконтроллерами организован обмен информацией по интерфейсу SPI (выводы 18, 23, 24 микроконтроллеров). За счет этого каждый микроконтроллер получает возможность сравнивать собственный поток информации с информацией, проходящей в соседнем канале и, на основании этого, принимать решение о корректности работы дублированной структуры управления в целом и о правильности функционирования соседнего микроконтроллера в частности. Причем, сравнение потоков информации осуществляется вплоть до выходных цепей портов микроконтроллеров, что позволяет выявлять замыкания между печатными дорожками выходов платы ДБК-24, кросс-платы КП-24 и входных цепей плат БЛУ-6. В случае идентичности информации в каналах А и В оба микроконтроллера формируют на выводах 15 импульсные сигналы частотой 10 кГц. Указанные сигналы поступают на входы *схемы управления сторожевым реле*, представляющей собой безопасный логический элемент «И» (оптроны VU1, VU2, транзисторы VT1...VT5, микросхема DD1 и трансформатор T1). К выходу последнего непосредственно подключается обмотка сторожевого реле. При исчезновении сигнала, свидетельствующего об идентичности информации, хотя бы от одного микроконтроллера, сторожевое реле выключается и повторное его включение становится возможным только путем кратковременного нажатия кнопки обслуживающим персоналом после устранения причины нарушения нормальной работы системы. По схемотехническим решениям безопасный логический элемент «И» схемы управления сторожевым реле аналогичен безопасным логическим элементам, входящим в состав платы БЛУ-6. В связи с этим описание принципов функционирования безопасного логического элемента приведено в разделе, посвященном плате БЛУ-6. Для предотвращения ложного отключения устройств сопряжения вследствие наличия определенной несинхронности информации в каналах, а также при

возникновении кратковременных сбоев в системе при переключении фидеров питания, в ДБК предусмотрена временная задержка на отключение сторожевого реле (до нескольких секунд), реализуемая на уровне программного обеспечения микроконтроллеров и аппаратно (с помощью электролитических конденсаторов С8, С9 на выходе схемы управления сторожевым реле). Диод VD8 предназначен для реализации различной временной задержки на выключение реле при работе платы в составе контроллеров безопасного сопряжения и контроллеров комплектов.

Определение адреса платы ДБК-24 и соответственно, контроллера безопасного сопряжения в системе осуществляется с помощью схем определения адреса, размещенных на плате ДБК-24. Схемы определения адреса представляют собой регистры сдвига, на входах D1...D8 которых может быть установлен высокий или низкий уровень с помощью перемычек, размещаемых на кросс плате КП-24. Таким образом осуществляется параллельная загрузка адреса в регистр. При поступлении соответствующего сигнала на вход «L» регистра сдвига происходит последовательная загрузка битов адреса из регистра в соответствующий микроконтроллер. Для каждого микроконтроллера адрес задается отдельной группой перемычек и считывается отдельной схемой определения адреса. Программное обеспечение микроконтроллеров осуществляет сравнение адресов. В случае обнаружения несоответствия адресов происходит снятие управляющих сигналов со схемы управления сторожевым реле. Таким образом, исключаются опасные ситуации, связанные с ошибками определения адреса вследствие возникновения неисправностей элементов. Бит «D0» регистров схем определения адреса не несет никакой нагрузки, связанной с адресацией микроконтроллеров и служит для определения ведущего и ведомого микроконтроллера на плате (в канале А на этот бит постоянно подается высокий уровень, в канале В – низкий).

Каналы А и В на плате ДБК-24 гальванически развязаны между собой, а также относительно интерфейса RS-485. гальваническая развязка по

питанию осуществляется с помощью DC/DC-преобразователей. Питание 5В для каждого канала формируется с помощью преобразователей DD4A, DD4B из общего напряжения питания платы ДБК-24 (24В постоянного напряжения). Питание 5В для драйверных микросхем интерфейса RS-485 формируется из напряжения питания 5В соответствующего микроконтроллера с помощью преобразователей DD5A, DD5B. Гальваническая развязка между каналами по сигнальным цепям обеспечивается с помощью быстродействующих оптопар VU1A, VU1B, VU2B. Развязка между микроконтроллером и интерфейсом RS-485 в канале А и В обеспечивается оптопарами VU2A...VU4A и VU3B...VU5B соответственно. Светодиоды HL1A, HL1B предназначены для визуального вывода диагностической информации, касающейся работы платы ДБК-24.

3.2.2. Плата БЛУ-6

Платы БЛУ-6 используются в контроллерах безопасного сопряжения КБС-У-24 и предназначены для безопасной реализации конъюнкции сигналов управления объектами, поступающих от микроконтроллеров платы ДБК-24. На одной плате БЛУ-6 расположено 6 безопасных логических элементов «И». Соответственно, одна плата позволяет осуществлять управление 6 условными объектами микропроцессорной централизации. Входные сигналы платы БЛУ-6 представляют собой меандры частотой 10 кГц. Выходные сигналы платы – постоянные напряжения 24В при номинальных токах нагрузки 18 и 27мА в зависимости от модификации. Указанные сигналы подаются на входы силовых модулей аппаратуры безопасного сопряжения или непосредственно на обмотки реле при релейном сопряжении. Питание платы осуществляется от постоянного напряжения 24В. Безопасный логический элемент представляет собой электронное устройство с несимметричным отказом и состоит из трех преобразователей – двух входных и одного выходного. Функциональная схема безопасного

логического элемента приведена на рисунке 4. Принципиальная схема платы БЛУ-6 приведена в приложении.



Рис.4. Функциональная схема безопасного логического элемента.

Входные преобразователи предназначены для контроля наличия динамических сигналов на входах БЛУ и представляют собой диодно-конденсаторные преобразователи полярности. Входные сигналы платы БЛУ-6 являются управляющими сигналами для ключей диодно-конденсаторных преобразователей и поступают на данные ключи через оптопары 1VU1, 1VU2. Светодиоды 1HL1, 1HL2 осуществляют визуальную индикацию наличия входных сигналов платы БЛУ-6. Диодно-конденсаторные преобразователи обеспечивают питанием различные узлы выходного преобразователя. Один из входных преобразователей (1VT1, 1VD1, 1VD2, 1C2, 1C3) обеспечивает питанием управляющий генератор выходного преобразователя, выполненный на микросхеме 1DD1, другой входной преобразователь (1VT2, 1VT3, 1VD4, 1VD5, 1C6, 1C7) формирует исходное напряжение для преобразования. При отсутствии напряжения необходимой полярности на выходе хотя бы одного из входных преобразователей, выходной преобразователь либо не получит исходное напряжение, либо не

получит управляющий сигнал и его работа будет заблокирована. Любой отказ входных преобразователей приводит либо к полному отсутствию напряжения на их выходах, либо к появлению напряжения несоответствующей полярности, что делает невозможной работу выходного преобразователя. Выходной преобразователь (1VT4, 1VT5, 1T1, 1VD7) представляет собой трансформаторную схему преобразования и осуществляет двойное преобразование исходного напряжения: постоянного в переменное и переменного в постоянное. При возникновении отказов элементов выходной преобразователь теряет способность преобразовывать исходное напряжение, а проникновение исходного напряжения на выход платы БЛУ-6 при неработающем выходном преобразователе невозможно благодаря наличию трансформатора. Высокая частота преобразования выходного преобразователя (100кГц) в сочетании с соответствующими параметрами трансформатора исключает возможность ложного формирования выходного напряжения при возникновении пульсаций исходного напряжения с частотой 10кГц. Ложная активизация нагрузки платы БЛУ-6 вследствие непосредственного проникновения в выходную цепь сигнала от управляющего генератора невозможна по причине незначительной мощности последнего. Таким образом, обеспечивается безопасная реализация логической функции «И» (конъюнкции) сигналов в схеме БЛУ-6.

3.2.3. Плата УБВ-6

Плата УБВ-6 (устройство безопасного ввода) предназначена для реализации безопасного ввода информации о состоянии контролируемых объектов в каналы дублированной структуры МПЦ. Входными сигналами УБВ являются постоянные напряжения. Выходными – динамические сигналы ТТЛ-уровней с частотой 200...300 Гц.

Основными свойствами УБВ-6, позволяющими обеспечивать безопасность при вводе информации являются:

- Невозможность ложного формирования выходных сигналов при отсутствии входного.
- обеспечение оптоэлектронной развязки между входными цепями каналов дублированной системы (входами микроконтроллеров платы ДБК-24).
- достаточно высокое потребление мощности от контролируемых устройств (соизмеримое с мощностью, потребляемой обычным электромагнитным реле) во всем диапазоне входных напряжений в сочетании с наличием гарантированных пороговых свойств.

УБВ-6 представляет собой 6 преобразователей безопасного ввода. Функциональная схема преобразователя безопасного ввода приведена на рисунке 5. Принципиальная схема устройства приведена в приложении.



Рис 5. Функциональная схема преобразователя безопасного ввода.

Основным узлом преобразователя безопасного ввода является автоколебательный генератор (1VT1, 1VT2) формирующий динамический сигнал. Указанный сигнал через транзистор 1VT3 подается в выходные цепи платы. Невозможность ложного формирования выходных напряжений обеспечивается за счет того, что питание схемы преобразователя осуществляется от энергии входного сигнала, который подается на схему через резистор 1R1. Оптоэлектронная развязка в выходных цепях обеспечивается путем использования транзисторных оптопар 1VU1, 1VU2.

Необходимый уровень потребления мощности от контролируемых устройств гарантированно достигается с помощью искусственного ограничения коэффициента полезного действия преобразователя путем выбора соответствующих величин сопротивлений резисторов в коллекторных цепях транзисторов. Пороговые свойства УБВ-6 обеспечиваются за счет использования нелинейности вольт-амперной характеристики включенных последовательно светодиодов оптопар.

Особенностью схемы УБВ-6 является чувствительность преобразователей безопасного ввода к полярности входного напряжения. При наличии напряжения неправильной полярности формирование выходных сигналов осуществляться не будет. В случае, если на входе УБВ-6 будет присутствовать переменное напряжение 50 Гц, на выходах будет формироваться прерывистый динамический сигнал (сигнал 200...300 Гц, манипулированный частотой 50 Гц), который воспринимается программным обеспечением платы ДБК так же как и полное отсутствие динамического сигнала (признак пассивного состояния контролируемого объекта). Это означает, что устройства ввода информации являются нечувствительными к наличию на входах плат УБВ-6 переменных напряжений промышленной частоты. Указанная особенность позволяет эффективно использовать контроллеры безопасного сопряжения КБС-К-24 совместно с вентильными схемами контроля положения стрелки.

Элементы 1R1, 1C1, 1VD1, 1VD2 обеспечивают защиту преобразователя от повреждения при перенапряжениях во входных цепях устройства и неправильной полярности входного сигнала. Светодиоды 1HL1, 1HL2 осуществляют визуальную индикацию наличия выходных сигналов платы УБВ-6.

3.3. Аппаратура безопасного сопряжения силового уровня.

3.3.1. Силовой модуль СМ-С

Силовой модуль СМ-С предназначен для бесконтактного управления однонитевой или двухнитевой светофорной лампой или светодиодной головкой мощностью до 25 Вт. Входным сигналом данного модуля является постоянное напряжение с номинальным значением 24В, поступающее с выходов контроллеров безопасного сопряжения КБС-У-24. Напряжением питания данного модуля является постоянное напряжение 300 В. При наличии входного сигнала силовой модуль формирует переменное напряжение прямоугольной формы с действующим значением 220В и частотой 75 Гц, которое непосредственно поступает в кабельную сеть светофоров. Использование частоты 75 Гц позволяет исключить возможность появления низкочастотных биений выходного напряжения при взаимодействии частоты переключения силовых ключей модуля с частотой возможных пульсаций напряжения питания (50 или 100 Гц). Использование более высоких частот (более 100 Гц) недопустимо, так как в этом случае существенно повышается степень проникновения напряжения в соседние цепи кабельной сети через паразитную емкость кабеля при использовании кабельных линий значительной длины.

Кроме того, данный силовой модуль позволяет осуществлять контроль целостности нитей лампы и осуществлять автоматическое переключение на резервную нить без участия вычислительных средств МПЦ. Контрольные выходы данного модуля могут непосредственно подключаться к входам контроллеров безопасного сопряжения КБС-К-24.

Безопасность функционирования силового модуля обеспечивается за счет использования схемотехнических решений с несимметричным отказом. Функциональная схема силового модуля СМ-С приведена на рисунке 6. Принципиальная схема силового модуля СМ-С приведена в приложении.

Силовой модуль СМ-С включает в себя инвертор, представляющий собой двухтактную схему, выполненную на транзисторах VT3, VT4 и трансформаторе Т1. Вторичная обмотка трансформатора Т1 через схему

переключения на резервную нить включается непосредственно в кабельную линию светофоров. Инвертор осуществляет преобразование постоянного напряжения питания модуля 300В в переменное напряжение прямоугольной формы, используемое для питания светодной лампы или светодиодной головки.

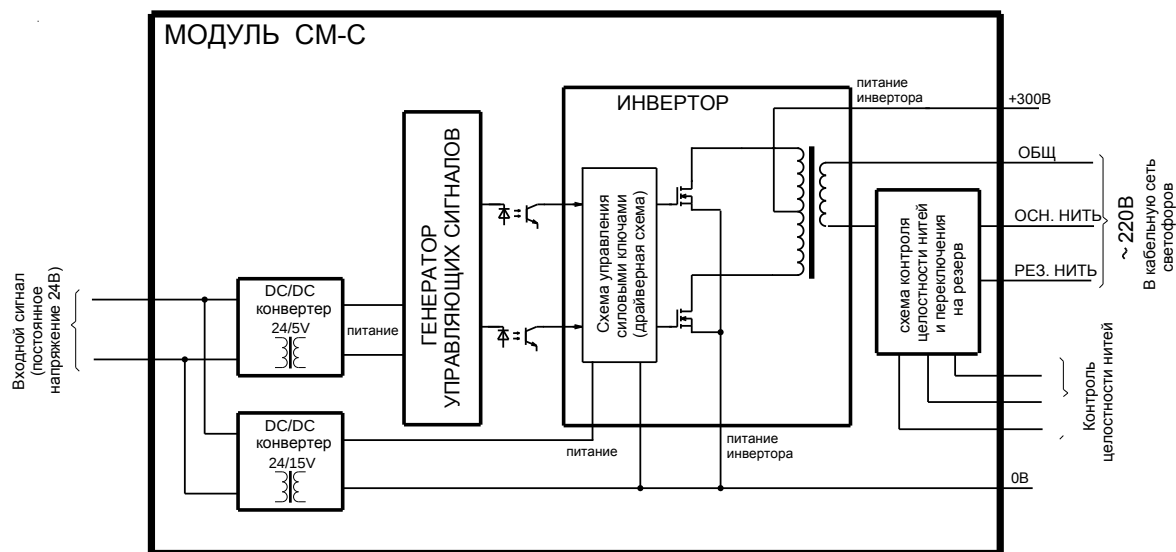


Рис. 6. Функциональная схема силового модуля управления светодной лампой (СМ-С).

Управление силовыми ключами VT3, VT4 инвертора осуществляется от генератора управляющих сигналов, через посредство драйверных микросхем DD3, DD4. Генератор управляющих сигналов выполнен на операционном усилителе DD2 и триггере DD1, формирующем парафазные импульсные сигналы. Операционный усилитель формирует прямоугольные импульсы, следующие с частотой 150 Гц. Триггер осуществляет деление частоты и формирует на своих выходах парафазные меандры с частотой 75 Гц, которые через транзисторы VT1, VT2 и оптроны VU1, VU2 поступают на входы драйверных микросхем. Драйверные микросхемы осуществляют электрическое согласование выходов генератора управляющих сигналов и управляющих электродов силовых ключей. Кроме того, эти микросхемы

осуществляют защиту инвертора от перегрузок в случае короткого замыкания по выходу, для чего на выводы 6 этих микросхем подается сигнал от датчиков тока, выполненных на резисторах R17, R18. Цепь C4, R19 служит для ограничения индуктивных выбросов напряжения на закрытых ключах инвертора. Безопасность функционирования силового модуля при возникновении отказов обеспечивается за счет того, что питание генератора управляющих сигналов и драйверных микросхем осуществляется от энергии входного сигнала силового модуля, чем исключается возможность ложного формирования выходного напряжения при отсутствии сигнала на входе. Пробой силовых ключей не приведет к ложному появлению напряжения на светофорной лампе даже при наличии пульсаций питающего напряжения, так как в этом случае цепь питания будет разорвана в результате сгорания предохранителя Пр1, размещенного на печатной плате силового модуля. Для питания генератора управляющих сигналов и драйверных микросхем используются DC/DC-конвертеры DD5 и DD6 соответственно. Конвертер DD5 осуществляет преобразование постоянного напряжения 24В в постоянное напряжение 5В. Это напряжение используется для питания всей схемы генератора управляющих импульсов, включая цепи светодиодов оптронов VU1, VU2. Конвертер DD6 осуществляет преобразование постоянного напряжения 24В в постоянное напряжение 15В, используемое для питания драйверных микросхем. В данной схеме используются DC/DC-конвертеры без стабилизации выходных напряжений. Поэтому величина их выходных напряжений жестко связана с величиной напряжения входного сигнала модуля и определяется параметрами трансформаторов, входящих во внутреннюю структуру DC/DC-конвертеров. Это дает основание утверждать, что DC/DC-конвертеры в данной схеме осуществляют масштабирование входного сигнала, позволяющее повысить порог надежной дезактивизации (гарантированного выключения) силового модуля. Если в качестве исходной предпосылки для определения порога надежной дезактивизации силового модуля принять тот факт, что светодиоды оптронов VU1 и VU2 перестают

работать при величине напряжения питания схемы генератора управляющих импульсов менее 1В, то можно утверждать, что данный силовой модуль будет иметь порог надежной дезактивизации, равный 4,8В.

Светодиод HL1 осуществляет визуальную индикацию наличия питания на генераторе управляющих сигналов силового модуля.

Силовой модуль имеет два контрольных выхода: выход группового контроля целостности нитей и выход контроля основной нити. Напряжение на выходе группового контроля присутствует в том случае, если исправна хотя бы одна из нитей лампы. Напряжение на выходе контроля основной нити присутствует только при исправной основной нити. В случае использования силового модуля совместно с однопонитевой лампой или светодиодной головкой для контроля исправности лампы (головки) используется выход группового контроля. Сигнал на выходе группового контроля формируется с помощью трансформатора тока Т2, включенного в общий провод выходной цепи силового модуля и выпрямительного моста VD4. Применение трансформатора тока позволяет обеспечить несимметричность отказов цепи группового контроля. Это означает, что исключается ложное появление сигнала, свидетельствующего о целостности нитей лампы.

Схема переключения на резервную нить питается от дополнительной обмотки трансформатора Т1 через выпрямительный мост VD1. Указанное напряжение питания через резистор R22 подается на светодиод мощного твердотельного реле VU4, осуществляющего непосредственную коммутацию цепи резервной нити, а также, через транзистор оптопары VU3.2 и резистор R21, на выход контроля основной нити. Факт обрыва основной нити обнаруживается с помощью датчика тока, выполненного на резисторе R27. Напряжение, формируемое на указанном резисторе при протекании тока в цепи основной нити, выпрямляется диодным мостом VD2 и подается на светодиоды оптопар VU3.1 и VU3.2. Если основная нить исправна, открытый транзистор оптопары VU3.1 шунтирует светодиод твердотельного реле VU4

и резервная нить отключена. За счет открытого транзистора оптопары VU3.2 обеспечивается поступление постоянного напряжения от диодного моста VD1 на выход контроля основной нити. При обрыве основной нити исчезает напряжение на светодиодах оптопар VU3.1 и VU3.2. Транзисторы указанных оптопар закрываются, выход контроля основной нити отключается от источника питания, прекращается шунтирование светодиода твердотельного реле VU4 и указанное твердотельное реле замыкает цепь резервной нити. Следует отметить, что схема переключения на резервную нить не обладает свойством несимметричности отказов. При возникновении отказов ее элементов возможно как ложное переключение, так и ложное непереключение на резервную нить. Поэтому, в тех случаях, когда необходимо обеспечивать гарантированное переключение ламп на резервную нить, необходимо использовать другие решения, например, применять отдельные силовые модули для основных и резервных нитей ламп.

3.3.2. Силовой модуль СМ-СТ

Силовой модуль СМ-СТ предназначен для бесконтактного управления трехфазным асинхронным электродвигателем стрелочного электропривода мощностью до 600 Вт. Входным сигналом данного модуля является постоянное напряжение с номинальным значением 24В, поступающее с выходов контроллеров безопасного сопряжения КБС-У-24. Силовой модуль СМ-СТ имеет два входа. Напряжение 24В подается на один из входов, определяя тем самым направление перевода стрелки. Напряжением питания данного модуля является постоянное напряжение 300 или 270 В. При наличии входного сигнала силовой модуль формирует трехфазное переменное напряжение, поступающее непосредственно в рабочие цепи стрелочных электроприводов. Особенностью схем управления стрелками, в которых используются данные силовые модули, является отсутствие в рабочей цепи контактов автопереключателя. Поэтому выключение электродвигателя стрелочного привода осуществляется программно (на

уровне контроллеров МПЦ), после получения соответствующего контроля положения стрелки или по истечении заданного максимального времени перевода.

Безопасность функционирования силового модуля обеспечивается за счет использования схемотехнических решений с несимметричным отказом. Функциональная схема силового модуля СМ-СТ приведена на рисунке 7. Принципиальная схема силового модуля СМ-СТ приведена в приложении.

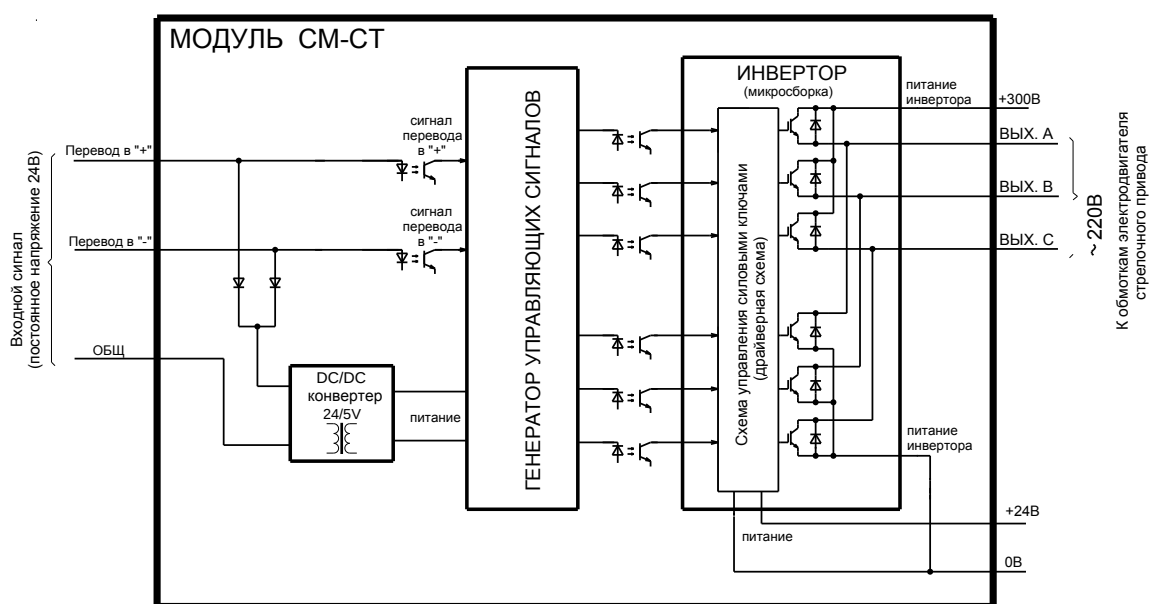


Рис. 7. Функциональная схема силового модуля управления стрелочным приводом переменного тока (СМ-СТ).

Силовой модуль для управления стрелочным электроприводом переменного тока СМ-СТ-2 включает в себя трехфазный мостовой инвертор и генератор управляющих сигналов. Трехфазный мостовой инвертор под воздействием управляющих сигналов осуществляет преобразование постоянного напряжения питания в трехфазное переменное напряжение, необходимое для работы электродвигателя стрелочного привода переменного тока. Выполнен инвертор на основе ИРМ (интеллектуального силового модуля). В состав ИРМ входят силовые ключи на IGBT-транзисторах,

драйверные схемы, осуществляющие электрическое согласование выходов генератора управляющих сигналов и управляющих электродов силовых ключей, и схемы защиты ключей инвертора от перегрузок по току. Безопасность функционирования силового модуля СМ-СТ при возникновении отказов обеспечивается за счет того, что питание генератора управляющих сигналов осуществляется от энергии входного сигнала силового модуля, чем исключается возможность ложного формирования выходного напряжения при отсутствии сигнала на входе.

Генератор управляющих сигналов (DD1) выполнен на микроконтроллере PIC16F84. При поступлении напряжения питания на микроконтроллер, на выводах 7...12 последнего формируются импульсы, поступающие через оптоэлектронную развязку VU4...VU9 на входы IPM. Направление вращения электродвигателя стрелочного привода определяется последовательностью формирования сигналов на выходах микроконтроллера, что в свою очередь задается путем установки соответствующих уровней сигналов на выводах 17, 18 микроконтроллера. Сигналы, определяющие направление перевода стрелки, формируются на выводах микроконтроллера с помощью оптронов VU1, VU2 при подаче напряжения 24 В на соответствующий вход силового модуля СМ-СТ. Указанное напряжение через резистор R8 или R9 подается на светодиод соответствующего оптрона. При открытии оптрона на соответствующем выводе микроконтроллера устанавливается низкий уровень. На другом выводе в это время присутствует высокий уровень сигнала. Если в результате одиночного отказа элементов схемы на обоих выводах микроконтроллера оказывается высокий (или низкий) уровень, микроконтроллер прекращает формирование управляющих сигналов и стрелочный электродвигатель останавливается. Таким образом, исключается возможность ложного изменения направления вращения электродвигателя стрелочного привода в процессе перевода стрелки («разворота» стрелки). Входной сигнал силового модуля (напряжение 24 В) подается в через диод VD1 или VD2 (в

зависимости от направления перевода стрелки) на DC/DC-конвертер DD3, понижающий указанное напряжение до 5 В. Постоянное напряжение 5 В подается в цепи питания генератора управляющих сигналов. В данной схеме используются DC/DC-конвертеры без стабилизации выходных напряжений. Поэтому величина их выходных напряжений жестко связана с величиной напряжения входного сигнала модуля и определяется параметрами трансформаторов, входящих во внутреннюю структуру DC/DC-конвертеров. Это дает основание утверждать, что DC/DC-конвертеры в данной схеме осуществляют масштабирование входного сигнала, позволяющее повысить порог надежной дезактивизации (гарантированного выключения) силового модуля. Если в качестве исходной предпосылки для определения порога надежной дезактивизации силового модуля принять тот факт, что светодиоды оптронов VU4...VU9 перестают работать при величине напряжения питания схемы генератора управляющих импульсов менее 1В, то можно утверждать, что данный силовой модуль будет иметь порог надежной дезактивизации, равный 4,8В. Светодиод HL1 осуществляет визуальную индикацию наличия питания на генераторе управляющих сигналов силового модуля.

Питание драйверных схем IPM осуществляется от отдельного источника постоянного напряжения 24В через параметрический стабилизатор R28, VD6. Линейный стабилизатор DD5 предназначен для формирования постоянного напряжения 5В, питающего входные цепи IPM. Резистор R27 является датчиком тока для схемы защиты от перегрузок по току, входящей в состав IPM. Сигнал с датчика тока через резистивный делитель R25, R26 поступает на вывод 16 IPM. Оптрон VU3 предназначен для передачи сигнала, свидетельствующего о срабатывании схемы защиты от перегрузки по току IPM, на микроконтроллер генератора управляющих сигналов.

3.3.3. Модуль КМ-СТ

Контрольный модуль КМ-СТ предназначен для осуществления контроля положения стрелочного перевода, имеющего контактный автопереключатель в стрелочном приводе. Напряжением питания данного силового модуля является однофазное переменное напряжение 220В 50Гц. Данный контрольный модуль позволяет реализовать отделенную от рабочей цепи, двух- или трехпроводную вентильную схему контроля положения стрелки в составе, соответственно, пяти- и шестипроводной схемы управления стрелочным приводом (см. рисунок 8).

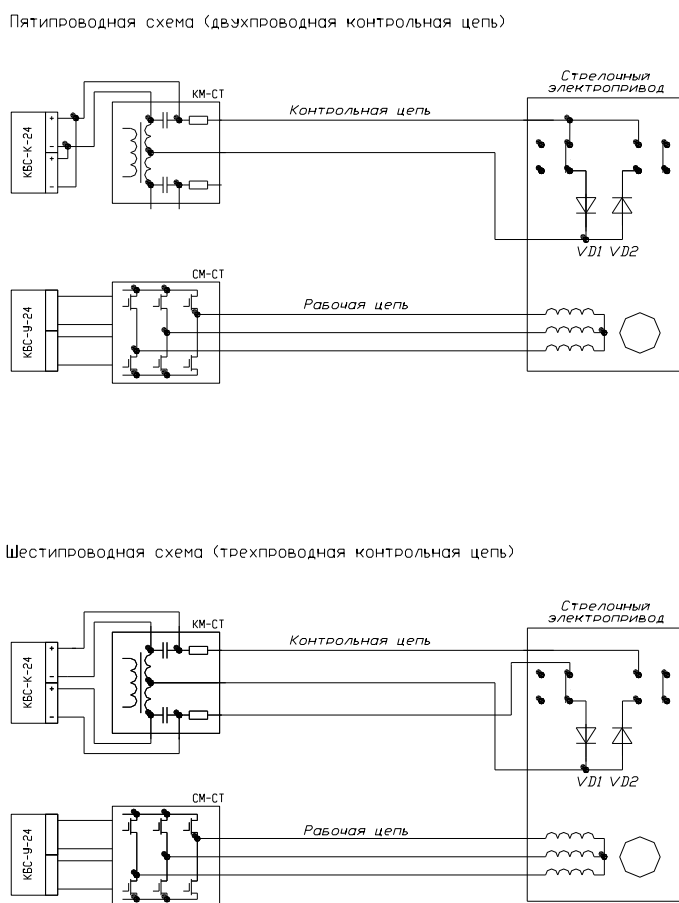


Рис. 8. Пятипроводная и шестипроводная схемы управления стрелочными приводами переменного тока).

Двухпроводная схема контроля требует программной реализации защиты от перепутывания линейных проводов. Трехпроводная схема контроля обеспечивает дополнительную защиту от перепутывания линейных проводов на аппаратном уровне. Кроме того, трехпроводная схема при использовании двух модулей КМ-СТ позволяет реализовать резервированную контрольную цепь. Выходным сигналом контрольного модуля КМ-СТ является постоянное напряжение 24В, что позволяет подключать контрольные модули непосредственно к входам контроллеров безопасного сопряжения КБС-К-24. Модуль КМ-СТ имеет два выхода. В случае использования двухпроводной контрольной цепи задействуется только один выход, и контроль положения стрелки определяется полярностью напряжения на этом выходе. В этом случае к выходу модуля подключаются два входа КБС-К-24 таким образом, чтобы при той или иной полярности напряжения активизировался соответствующий входной преобразователь плат УБВ-6, входящих в состав контроллера безопасного сопряжения. При использовании трехпроводной контрольной цепи задействуются два выхода модуля КМ-СТ, и контроль положения стрелки определяется наличием постоянного напряжения определенной полярности на одном из выходов модуля. Безопасность функционирования контрольных схем обеспечивается за счет использования для контроля положения стрелки полярного признака, формируемого путем переключения диодов, размещенных в стрелочном приводе. При обрывах в контрольной цепи напряжение на выходах модуля КМ-СТ будет отсутствовать. Пробой диода (как и замыкание между проводами контрольной цепи) приводит к появлению на выходе модуля переменного напряжения частотой 50Гц, которое идентифицируется контроллерами безопасного сопряжения, как пассивное состояние объекта (отсутствие контроля положения стрелки).

Принципиальная схема модуля КМ-СТ приведена в приложении на чертеже 10. Контрольная цепь (выходы «ЛИН. 1», «ОБЩ» и «ЛИН. 2») питается переменным напряжением 24В, формируемым из напряжения

питания модуля с помощью трансформатора Т1. Указанный трансформатор обеспечивает гальваническую развязку между контрольными цепями стрелок, что позволяет избежать опасных ситуаций в случае замыканий между кабельными жилами различных контрольных цепей. Металлопленочные конденсаторы С1...С6 совместно с резисторами R1 и R2 образуют фильтры низкой частоты, осуществляющие сглаживание напряжения, выпрямленного диодами, размещенными в стрелочном приводе и препятствующий проникновению на выходы модуля высокочастотных гармоник и импульсных перенапряжений, возникающих в контрольной цепи в результате взаимных влияний между цепями в кабельной линии. Двухцветные светодиоды HL1 и HL2 осуществляют индикацию наличия и полярности постоянных напряжений на выходах модуля.