

ПЕРЕДАЧА КОМАНД РЗ И ПА ПО ЦИФРОВЫМ СЕТЯМ СВЯЗИ — НЕОБХОДИМА ЛИ ОРИЕНТАЦИЯ НА КОНЦЕПЦИИ И РЕШЕНИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В.А. Харламов, к.т.н., начальник отдела оборудования ООО «Юнител Инжиниринг»

Передача команд и управляющих воздействий используется в системах релейной защиты (РЗ) и противоаварийной автоматики (ПА). В последние годы наблюдается тенденция все более широкого внедрения устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАСК) по цифровым каналам. В России в качестве цифровых каналов для передачи команд РЗ и ПА применяются выделенные оптические волокна (ОВ) в волоконно-оптических кабелях (ВОК) и цифровые системы передачи информации (ЦСПИ). Сложности использования для передачи команд РЗ и ПА только выделенных ОВ [1, 2], что с технической точки зрения является наиболее предпочтительным решением из-за его относительной простоты и надежности, делают актуальным применение ЦСПИ.

Для передачи команд РЗ и ПА по ЦСПИ предлагаются различные решения, отличающиеся не только аппаратными реализациями и параметрами УПАСК, но и концепциями построения систем.

Концепции построения систем, оборудование и решения зарубежных производителей для передачи команд РЗ и ПА по ЦСПИ кроме очевидных и неоспоримых достоинств обладают существенными недостатками. Поэтому специалисты ООО «Юнител Инжиниринг» принципиально отказались от их копирования и реализуют передачу команд по ЦСПИ

- формируя концепции построения систем, наиболее приемлемые для российской электроэнергетики;
- сохраняя достоинства и устраняя недостатки оборудования и технических решений зарубежных производителей;

- обеспечивая соответствие национальным и отраслевым стандартам и выполняя дополнительные требования российской электроэнергетики;
- внося новые свойства и функциональность, которые обеспечивают повышение надежности систем, удобство в эксплуатации, снижение стоимости реализации решений и затрат на их техническое обслуживание.

Проблемы использования встроенных в мультиплексоры доступа SDH/PDH модулей УПАСК, которые предлагают в основном зарубежные производители, рассмотрены в [2] и [3]. Далее в статье уделено внимание только УПАСК, подключаемым к оборудованию ЦСПИ по стандартным цифровым интерфейсам.

Задача организации передачи команд РЗ и ПА между двумя объектами по схеме «точка–точка» может быть решена с использованием всех производимых УПАСК, подключаемых к оборудованию ЦСПИ по интерфейсам X.21, С37.94, E1 и т. д. Но часто в системах РЗА возникает задача передачи команд с одного объекта на несколько других, что может быть реализовано по ЦСПИ несколькими способами с разными временами передачи команд и надежностью.

Каналы «точка-точка» по ЦСПИ между одним объектом и всеми остальными (рис. 1) обеспечивают минимальное время передачи команд и высокую надежность, т.к. отказ одного из УПАСК не повлияет на передачу команд между другими объектами. Но данное решение не всегда экономически эффективно, т.к. требует большого числа УПАСК, цифровых интерфейсов в оборудовании ЦСПИ и интерфейсных кабелей между УПАСК и ЦСПИ.

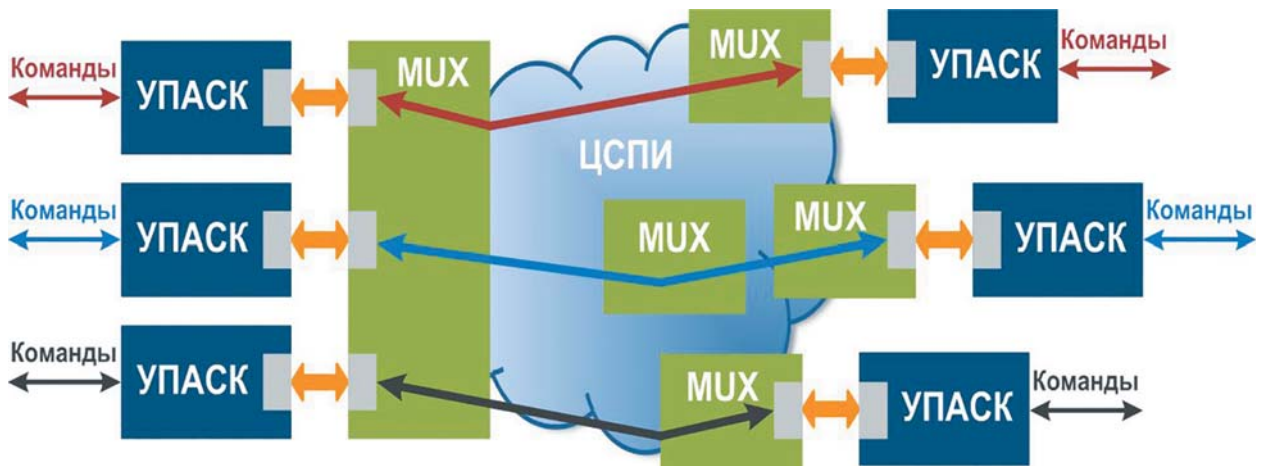


Рис. 1. Каналы передачи команд РЗ и ПА «точка-точка» по ЦСПИ

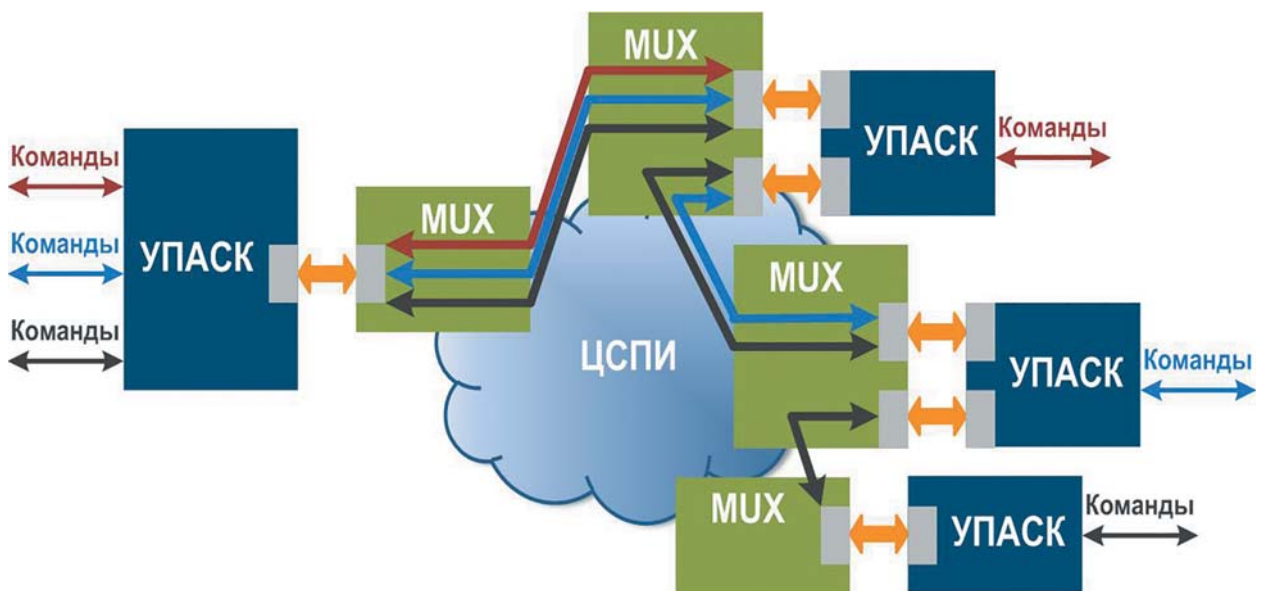


Рис. 2. Последовательные каналы передачи команд РЗ и ПА «точка-точка» по ЦСПИ с переприемами в УПАСК

Последовательные каналы «точка-точка» по ЦСПИ с переприемами в промежуточных УПАСК (рис. 2) уменьшают требуемое число УПАСК по сравнению с организацией прямых каналов «точка-точка». Переприем команд на промежуточных объектах может осуществляться как через дискретные входы и выходы, так и внутри самих УПАСК. Но при этом из-за переприемов увеличивается время передачи команд и уменьшается надежность, так как отказ одного из промежуточных УПАСК прервет передачу команд на все находящиеся за ним в цепочке объекты. Для увеличения надежности требуется организация кольцевых схем по ЦСПИ (рис. 3).

В кольцевых схемах основной и резервный каналы используют разные пути по кольцу. При отказе одного из промежуточных УПАСК команды на другие объекты будут передаваться по оставшемуся работоспособным пути. Но второй отказ в кольце опять сделает невозможной передачу команд на ряд объектов. Специалисты в технике связи давно поняли данный недостаток кольцевых схем и стараются при реализации ЦСПИ использовать еще и радиальные связи. Понимание этого приходит и в технике релейной защиты при использовании цифровых сетей в рамках концепции цифровой подстанции на базе МЭК 61850 [4].

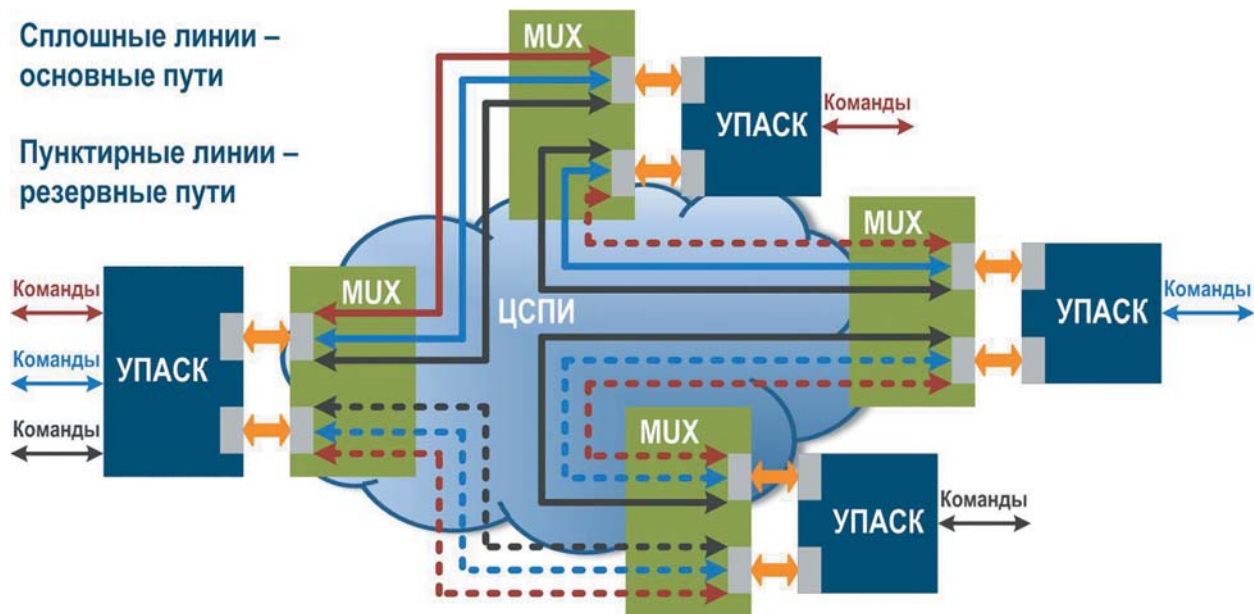


Рис. 3. Кольцевые схемы в УПАСК по ЦСПИ для передачи команд РЗ и ПА



Рис. 4. Формат кадра C37.94



Рис. 5. Формат кадра E1

Зарубежные и ориентированные на зарубежные концепции построения систем отечественные производители рекомендуют для подключения УПАСК к оборудованию ЦСПИ использовать стандартный оптический интерфейс C37.94, неоспоримое и практически единственное достоинство которого состо-

ит в том, что он принят IEEE для связи между оборудованием ЦСПИ и РЗА. Использование C37.94 позволяет реализовать все приведенные выше способы передачи команд РЗ и ПА по ЦСПИ.

Формат кадра (цикла) C37.94 приведен на рис. 4. За основу формата кадра в C37.94 был взят формат

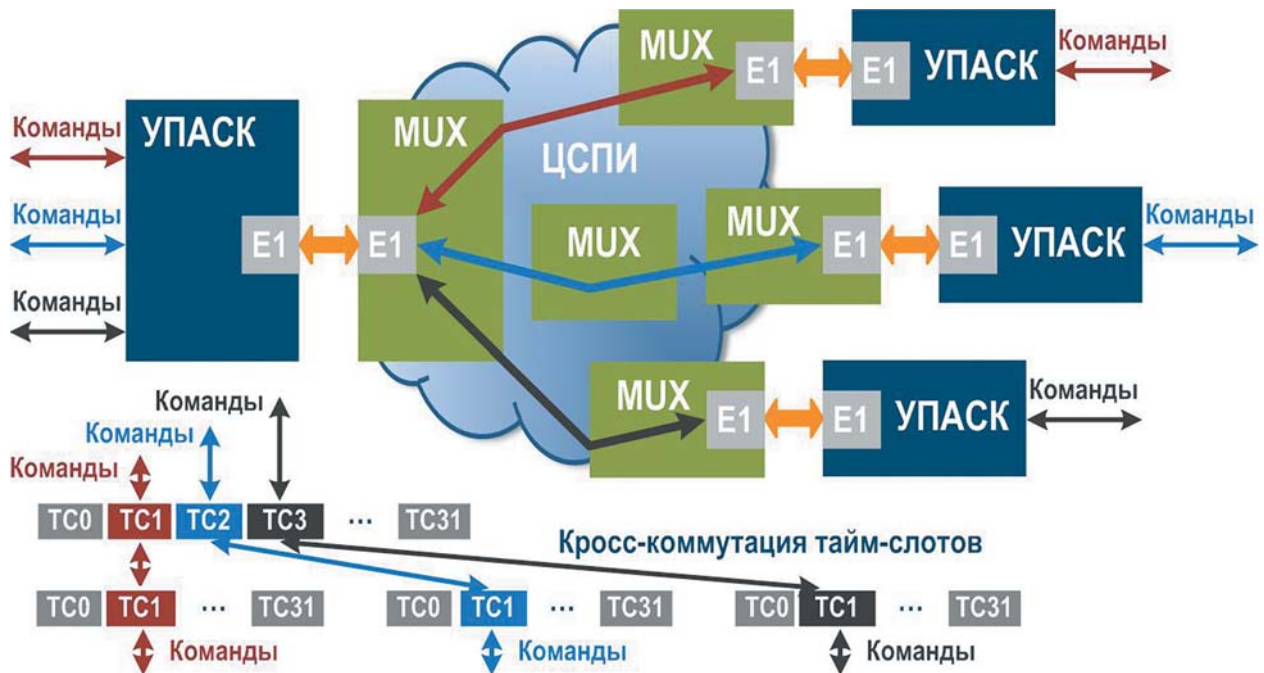


Рис. 6. Множественные радиальные соединения «точка-точка» в ЦСПИ

кадра интерфейса E1, описанного в стандартах ITU-T G.703 и G.704. Формат кадра E1 приведен на рис. 5. Первые 8 бит заголовка С37.94 и заголовок E1 практически совпадают.

Передача одного бита данных пользователя двумя битами (реальным значением и его инверсией), дополнительной служебной информации и наличие неиспользуемых бит уменьшили скорость обмена между оборудованием ЦСПИ и РЗА с 31×64 кбит/с в E1 до 12×64 кбит/с в С37.94. Кодирование в С37.94 бита передаваемых данных его реальным значением и инверсией не обеспечивает необходимую безопасность (вероятность приема ложных команд) для УПАСК. В УПАСК для обеспечения требуемой безопасности необходимо более сложное помехоустойчивое кодирование. Но самое существенное ограничение для передачи команд РЗ и ПА состоит в том, что встроенные в мультиплексоры интерфейсы С37.94 не позволяют передавать разные тайм-слоты (ТС) 64 кбит/с в разные направления и соответственно не поддерживают организацию множественных соединений «точка-точка» по ЦСПИ. Это не позволяет при подключении к одному интерфейсу С37.94 передавать напрямую команды РЗ и ПА в несколько направлений, а также ограничивает возможности резервирования каналов по ЦСПИ только кольцевыми схемами с переприемами в промежуточных УПАСК.

При подключении к одному интерфейсу E1 возможна организация множественных соединений «точка-точка» по ЦСПИ, что позволяет реализовывать передачу команд на несколько объектов напрямую без переприемов в промежуточных УПАСК (рис. 6). Отказ любого УПАСК кроме центрального не повлияет на передачу команд на другие объекты, что повышает надежность. Отсутствие переприемов минимизирует время передачи команд. При подключении к одному интерфейсу E1 для повышения надежности возможна организация по ЦСПИ резервирования каналов для УПАСК [1] с использованием соединений «точка-точка», проложенных по отличным от основных резервным путям.

Недостатком интерфейса E1 в мультиплексорах доступа по сравнению с С37.94 является то, что он электрический. Это может привести к проблемам с электромагнитной совместимостью из-за наличия на объектах электроэнергетики помех, наводимых на длинные интерфейсные кабели. Для исключения данного недостатка при подключении УПАСК к интерфейсам E1 мультиплексоров могут быть использованы преобразователи оптических сигналов в электрические.

ООО «Юнител Инжиниринг» разработало и производит в России состоящее из двух линеек семейство оборудования ПКУ, полностью соответствующее

щее национальным и отраслевым стандартам. В нем реализована функциональность, невозможная при ориентации на концепции построения систем зарубежных производителей. В тоже время в семействе ПКУ сохранены достоинства импортного оборудования, например, тот же интерфейс С37.94 для организации каналов «точка-точка» по ЦСПИ и т. д..

Линейка оборудования обработки и передачи команд РЗ и ПА состоит из панели контроля и управления с системой регистрации ПКУ СР24, панели контроля, управления и связи с системой регистрации ПКУС СР24 и УПАСК ПКУС СР24 Модуль СКО [2]. ПКУС СР24 объединяет в одном устройстве УПАСК и промежуточную панель с ключами ввода и вывода команд, что позволяет исключить между ними сигнальные кабели, клеммы и дискретные входы и выходы.

Линейка преобразователей интерфейсов включает в себя ПКУС СР24 Модуль ЭО1 (преобразователь оптических интерфейсов Е1 и С37.94 в электрический Е1) и ПКУС СР24 Модуль ЭО2 (два независимых двухканальных преобразователя оптических интерфейсов Е1 и С37.94 в электрические Е1 в одном корпусе с функцией кросс-коммутации). Они предназначены для подключения оборудования РЗА с оптическими интерфейсами к оборудованию ЦСПИ с электрическими интерфейсами Е1.

В ПКУС СР24 и ПКУС СР24 Модуль СКО реализована поддержка организации множественных радиальных соединений «точка-точка» по ЦСПИ при подключении к мультиплексорам доступа по одному интерфейсу Е1 (рис. 7). В ПКУС СР24 /

ПКУС СР24 Модуль СКО команды назначаются на разные ТС потока Е1, которые в мультиплексоре доступа направляются в разные направления. Максимальное число таких направлений в ПКУС СР24 / ПКУС СР24 Модуль СКО — 6.

В российских системах ПА часто возникает потребность в симплексной широковещательной передаче одних и тех же команд с одного объекта на несколько других. Мультиплексоры доступа поддерживают передачу разных ТС потока Е1 в разные направления, но передача данных из одного ТС в несколько направлений невозможна, что затрудняет реализацию широковещательной передачи команд на несколько объектов. Для ее обеспечения в преобразователе ПКУС СР24 Модуль ЭО2 реализовано «размножение» передаваемых данных из одного ТС в несколько ТС одного или двух электрических интерфейсов Е1 (рис. 8).

В мультиплексоре доступа ТС с «размноженными» в ПКУС СР24 Модуль ЭО2 данными напрямую передаются на разные объекты. Максимальное число направлений широковещательной передачи при подключении к мультиплексору доступа по одному интерфейсу Е1 — 31, а по двум — 62.

В ПКУС СР24 / ПКУС СР24 Модуль СКО реализована возможность бесшовного резервирования [1] при подключении к мультиплексорам доступа по одному интерфейсу Е1 (рис. 9). В ПКУС СР24 / ПКУС СР24 Модуль СКО данные с выходов двух передатчиков назначаются на разные ТС потока Е1, которые в мультиплексоре доступа направляются по статическим (фиксированным) основному и резервному путям. На стороне приема выполняются

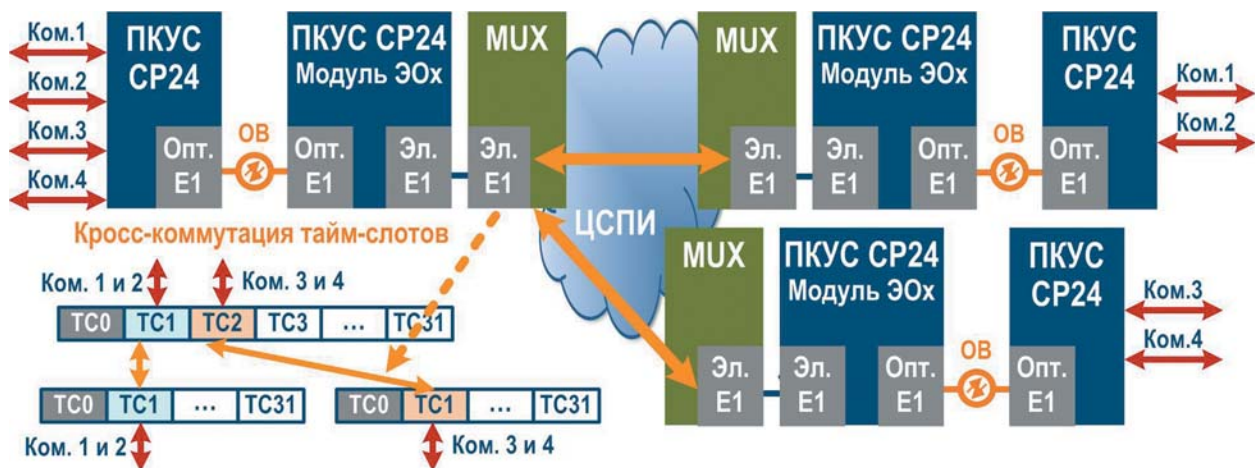


Рис. 7. Дуплексные каналы «точка-несколько точек» при подключении ПКУС СР24 / ПКУС СР24 Модуль СКО к мультиплексорам доступа по одному интерфейсу Е1

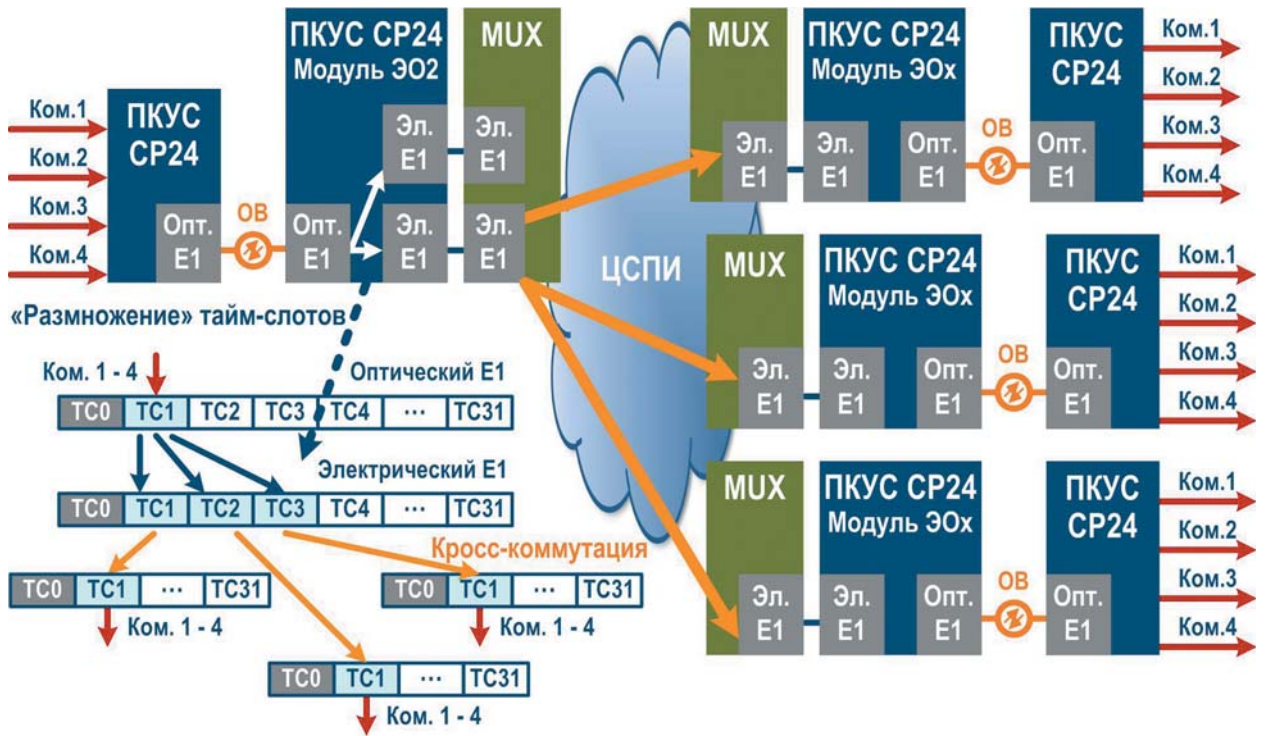


Рис. 8. Симплексная широковещательная передача команд в семействе оборудования ПКУ

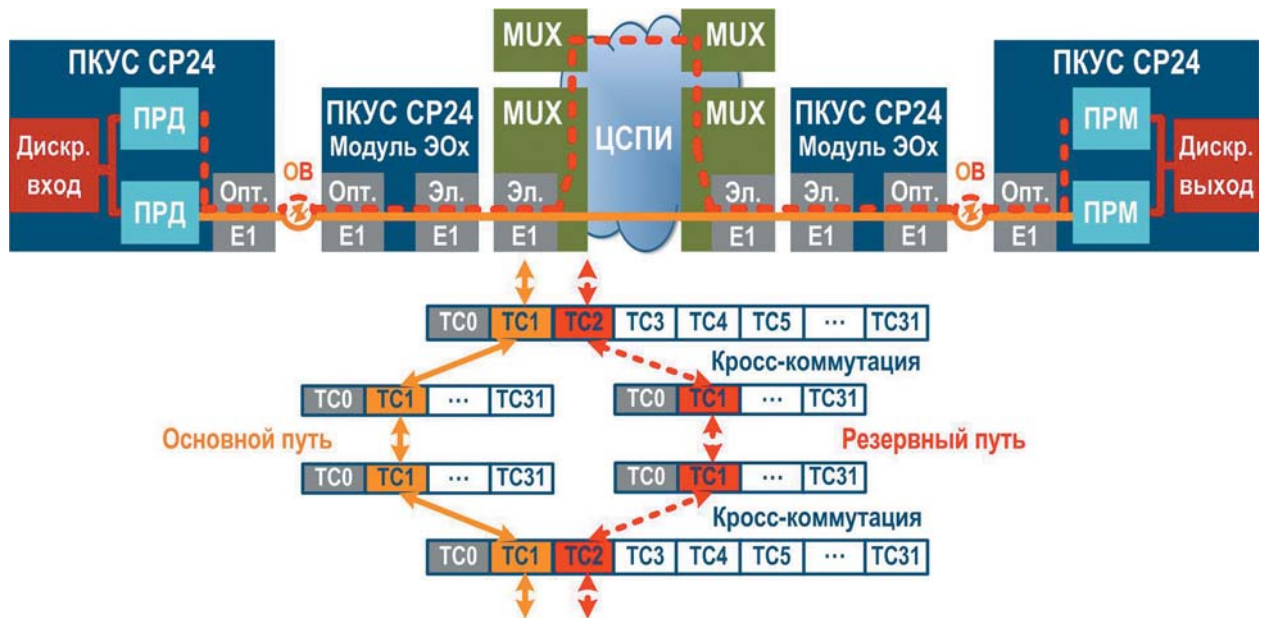


Рис. 9. Бесшовное резервирование в ПКУС CR24 / ПКУС CR24 Модуль SKO при подключении к мультиплексорам доступа по одному интерфейсу E1

обратные операции. Данные с основного и резервного путей одновременно обрабатываются в двух приемниках УПАСК, выходы которых соединены параллельно. Таким образом, при отказе одного из путей в ЦСПИ прием команд РЗ и ПА будет непрерывно продолжаться по оставшемуся работоспособным другому, что обеспечивает бесшовное резервирование при передаче команд.

Приведенный способ бесшовного резервирования поддерживается в семействе ПКУ не только для резервирования каналов по ЦСПИ при передаче команд между двумя объектами, но и при передаче команд с одного объекта на несколько других, как в дуплексных каналах, так и в симплексных широкополосных при использовании множественных радиальных соединений «точка-точка» по ЦСПИ.

Очевидно, что подключение УПАСК к мультиплексорам доступа SDH/PDH по интерфейсам E1 позволяет реализовывать более эффективные и надежные решения по передаче команд РЗ и ПА, чем по интерфейсам C37.94.

Следует отметить, что интерфейсы C37.94 отсутствуют в транспортных мультиплексорах SDH, в то время как интерфейсы E1 присутствуют как в транспортных мультиплексорах, так и мультиплексорах доступа. Таким образом, организация передачи команд РЗ и ПА по ЦСПИ с использованием интерфейсов C37.94 всегда требует обязательного наличия на объекте мультиплексоров доступа, что увеличивает стоимость решения и снижает его надежность.

Ориентация на использование концепций и решений зарубежных производителей не позволяет использовать все возможности ЦСПИ по организации передачи команд РЗ и ПА. Отказ в российской электроэнергетике при организации передачи команд РЗ и ПА по ЦСПИ от копирования концепций построения систем и решений зарубежных производителей позволяет без увеличения стоимости, а иногда и с ее уменьшением, минимизировать время передачи команд и увеличить надежность. Это подтверждено реализованными проектами.

Литература

1. Харламов В.А. Резервирование цифровых каналов передачи команд релейной защиты и противоаварийной автоматики // Воздушные линии. 2014. № 3. С. 58–63.
2. Харламов В.А. Современные решения по организации цифровых каналов связи для РЗА и ПА // Новое в российской электроэнергетике. 2014. № 4. С. 11–21.
3. Харламов В.А. Проблемы использования встроенных в мультиплексоры доступа модулей передачи сигналов команд релейной защиты и противоаварийной автоматики // Воздушные линии. 2013. № 3. С. 54–58.
4. Осак А.Б., Панасецкий Д.А., Бузина Е.Я. Аспекты надежности и безопасности при проектировании цифровых подстанций // Релейщик. 2013. № 1. С. 28–31.