

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ДЛЯ РЗА И ПА

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

Системы релейной защиты и автоматики (РЗА) обеспечивают быстрое отключение воздушных и кабельных линии электропередачи (ЛЭП) при возникновении на них повреждений, что необходимо для обеспечения нормальной работы остальной неповрежденной сети. В системах РЗА цифровые каналы технологической связи необходимы для комплектов ступенчатых защит (КСЗ) с передачей сигналов команд и дифференциальных защит линий (ДЗЛ) для обмена данными о токах по концам защищаемой линии, что показано на рис. 1.

Задачей систем противоаварийной автоматики (ПА) является обеспечение устойчивости энергосистемы в целом при наличии в ней аварийных условий. Для этого в пределах всей энергосистемы осуществляется передача управляющих воздействий (сигналов команд ПА), например, автомати-

ческое отключение нагрузки, фиксации отключения линии и т.д., что показано на рис. 2.

Для передачи сигналов команд РЗ и ПА используются устройства передачи аварийных сигналов команд (УПАСК), которые обеспечивают требуемое время передачи команд, надежность и безопасность.

Существует два варианта построения цифровых каналов связи для УПАСК и ДЗЛ:

- использование выделенных волокон в волоконно-оптических кабелях (ВОК),
- использование цифровых систем передачи информации (ЦСПИ).

При этом как для УПАСК, так и ДЗЛ необходима организация основного и резервного каналов.

Недостатки использования выделенного ВОК состоят в следующем:

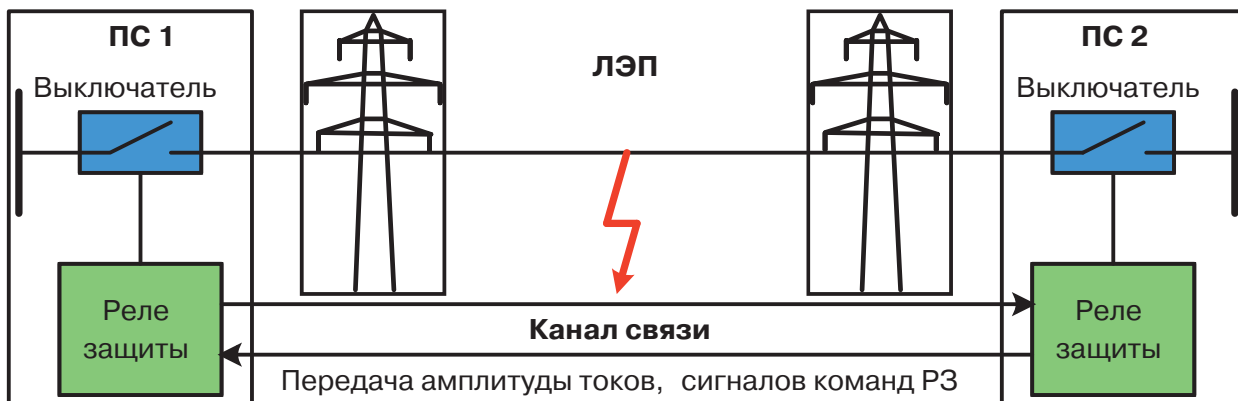


Рис. 1. Цифровые каналы связи для систем РЗА

■ другие вопросы

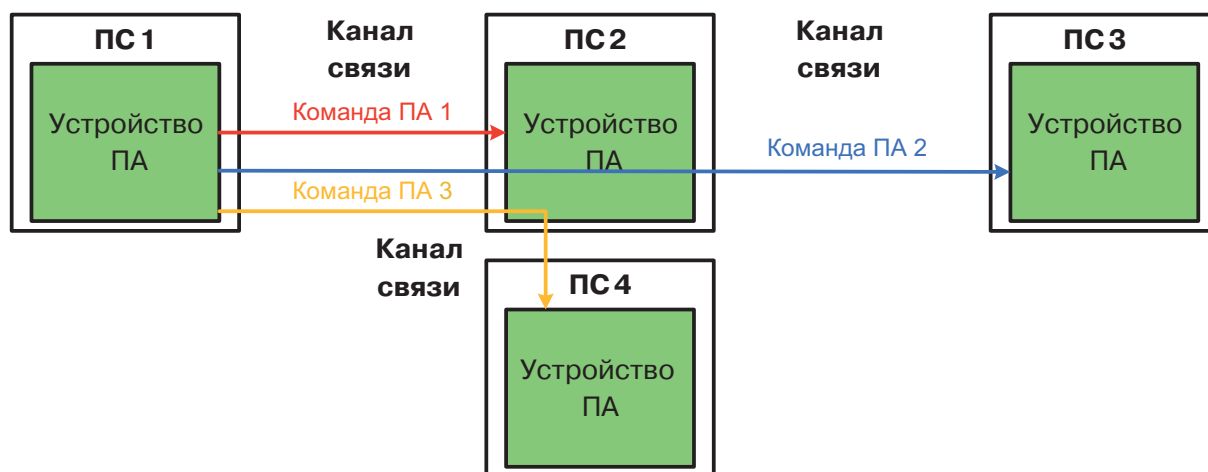


Рис. 2. Передача управляющих воздействий в пределах всей энергосистемы

- ограниченная протяженность ВОК без переприемов,
- с использованием только выделенных волокон сложно одновременно организовать основной и резервный каналы для УПАСК и ДЗЛ, т. к. при их организации должны использоваться разные маршруты по ВОК.

Поэтому для организации каналов связи для УПАСК и ДЗЛ существует необходимость использования цифровых систем передачи информации (ЦСПИ). При этом ЦСПИ могут быть построены с использованием различных технологий передачи данных, например, SDH/PDH, xWDM, IP/MPLS и т. д.. Подключение УПАСК и ДЗЛ к ЦСПИ может производиться по различным типам цифровых интерфейсов (X.21, G703.1, E1 и т. д.).

Алгоритмы работы ДЗЛ требуют передачу информации об амплитудах токов с одного конца защищаемой ЛЭП на другой. При этом предполагается использование цифровых каналов с одинаковой задержкой передачи данных в обоих направлениях, величина которой влияет на быстрдействие системы РЗ. В терминалах ДЗЛ производится вычисление дифференциального тока ΔI вычитанием векторов токов I_1 и I_2 (рис. 3). В случае, если короткое замыкание (КЗ) происходит вне защищаемой линии, то $\Delta I = 0$, и отключение защищаемой линии не производится. Если задержка в ЦСПИ в разных направлениях передачи разная, т.е. имеется асимметрия, то при вычислениях в ДФЗ появляется ненулевой дифференциальный ток, что показано на рис. 3.

В качестве примера, если в одном направлении задержка передачи будет 3 мс, а в другом 4.2 мс, т. е. ее асимметрия равна 1.2 мс, то дифференци-

альный ток ΔI составит 19%. При наличии КЗ на соседней линии это может привести к ложному отключению защищаемой линии. Таким образом, от асимметрии времени передачи данных в канале связи существенно зависит селективность работы ДЗЛ.

Для того, чтобы дифференциальный ток был ниже 2...5 %, что допустимо по сведениям производителей ДЗЛ, асимметрия времени передачи данных в ЦСПИ не должна превышать 100...300 мкс. При большей асимметрии времени передачи данных в канале необходимо:

- загружать установки срабатывания ДЗЛ, что приведет к уменьшению ее чувствительности,
- использовать GPS/ГЛОНАСС синхронизаторы, что приведет к снижению безопасности и надежности работы системы РЗА (выход из строя GPS/ГЛОНАСС синхронизатора, например, из-за сильного грозового разряда, преднамеренной помехи, снижающей точность синхронизации по времени и т. д.).

К сожалению, производители оборудования ЦСПИ не приводят данные об асимметрии, величина которой существенно влияет на работу ДЗЛ, и при организации каналов для ДЗЛ необходимо ее измерение в оборудовании ЦСПИ. Измерения, проведенные специалистами ЗАО «Юнител Инжиниринг» показали, что как правило цифровые синхронные каналы в сетях SDH/PDH обладают небольшой асимметрией до 125 мкс, а в сетях IP/MPLS для обеспечения асимметрии до 300 мс необходимы специальные настройки маршрутизаторов.

К передаче команд РЗ и ПА предъявляются свои специальные требования [1]:

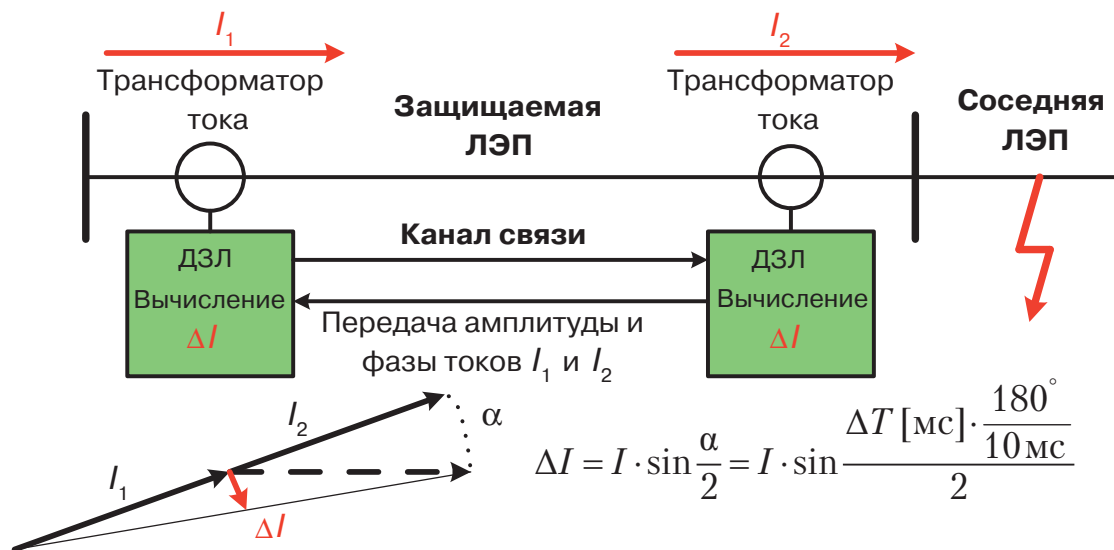


Рис.3. Вычисление дифференциального тока в ДЗЛ

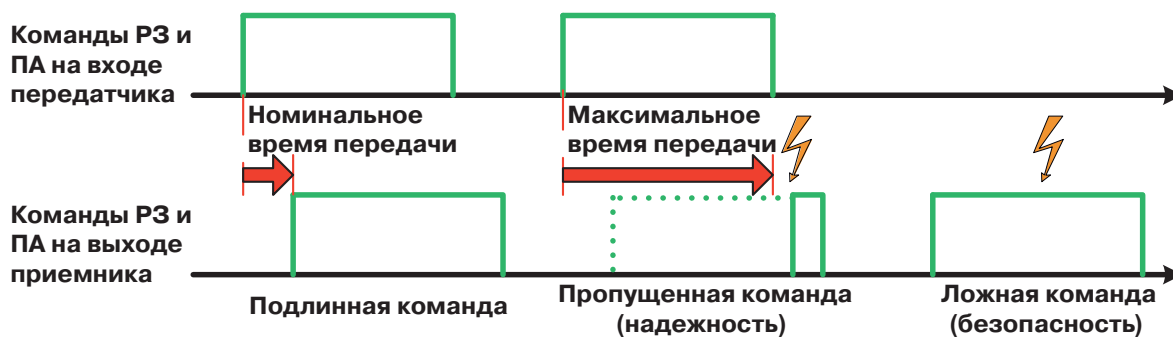


Рис.4. Время передачи, надежность и безопасность УПАСК

- время передачи — время, прошедшее между моментом подачи команды РЗ и ПА на входе передатчика и замыканием соответствующей цепи на выходе приемника,
- надежность — способность аппаратуры правильно выполнять свои функции при наличии помех (определяется вероятностью пропуска, то есть вероятностью задержки приема команды сверх допустимого максимального времени),
- безопасность — способность аппаратуры предотвращать неправильное действие при воздействии помех (определяется вероятностью приема ложной команды в случае, когда она не передавалась). Номинальное время передачи команд определяется при отсутствии помех (ошибок в ЦСПИ), а максимальное — при их наличии (рис. 4).

Требования, указанные в [1], приведены в таблице 1.

Таблица 1. Требования к передаче команд РЗ и ПА по цифровым каналам

Тип команды	Максимальное время передачи, мс	Вероятность битовых ошибок	Надежность	Безопасность
Блокирующая	10	10^{-6}	$<10^{-3}$	$<10^{-4}$
Разрешающая	10	10^{-6}	$<10^{-3}$	$<10^{-7}$
Отключающая	10	10^{-6}	$<10^{-4}$	$<10^{-8}$

УПАСК за счет использования помехоустойчивого кодирования обеспечивают требуемые надежность и безопасность при заданном времени передачи команд РЗ и ПА. Задержка в ЦСПИ увеличивает время передачи команд РЗ и ПА, но ее

■ другие вопросы

асимметрия для УПАСК не приводит к таким критическим последствиям, как для ДЗЛ.

Основные требования к технологическим каналам для РЗА и ПА в ЦСПИ:

- скорость передачи данных не менее 64 кбит/с как для УПАСК, так и ДЗЛ,
- минимальная задержка данных в ЦСПИ актуальна как для УПАСК для обеспечения минимального времени передачи сигналов команд РЗ и ПА, так и ДЗЛ для увеличения быстродействия защиты,
- минимальная асимметрия задержки в ЦСПИ, что увеличивает селективность ДЗЛ (для УПАСК асимметрия приводит только к небольшому отклонению времени передачи сигналов команд РЗ и ПА в разных направлениях, что допустимо),
- малая вероятность ошибок в ЦСПИ, т. к. хотя и ошибки обнаруживаются в УПАСК и ДЗЛ, но в УПАСК приводят к увеличению времени передачи команд РЗ и ПА или к полной их потере, а в ДЗЛ уменьшению быстродействия или блокировке ее работы.

В настоящий момент времени в российской электроэнергетике часто на одном и том же объекте используются отдельные мультиплексоры доступа ЦСПИ для служб РЗА и ПА и служб СДТУ (рис. 5). В одном из мультиплексоров устанавливаются модули встроенных УПАСК и интерфейсов С37.94 для ДЗЛ. Другой мультиплексор служит для организации телефонных каналов, каналов телемеханики и передачи данных.

Данное решение не обеспечивает разделение зон ответственности и обслуживания служб РЗА и ПА

и служб СДТУ [2], хотя установка двух отдельных мультиплексоров на одном объекте — попытка решить данную проблему. Не обеспечивается контроль каналов для РЗА и ПА и их интеграция в автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Кроме того, встроенные УПАСК не позволяют в полной мере обеспечить требования по информационной безопасности, приведенные в [3], т. к. к ним возможен доступ через ЦСПИ. Несовместимость между собой встроенных УПАСК и модулей С37.94 разных производителей приводит к необходимости применения в ЦСПИ мультиплексоров доступа одного и того же производителя, что ведет и приводит к монополизации рынка.

Кроме того, реализация интерфейсов С37.94 в мультиплексорах доступа позволяет организовать каналы для РЗА и ПА только «точка-точка» в отличие от реализации в том же самом оборудовании интерфейсов Е1, которые совместимы на канальном уровне между мультиплексорами разных производителей, и информация с которых может быть передана в нескольких направлениях. При необходимости передачи информации устройствам РЗА и ПА в нескольких направлениях требуется увеличивать число портов С37.94 как в самом оборудовании РЗА и ПА, так и в оборудовании ЦСПИ, и кроме того, прокладывать дополнительные оптические кабели (рис. 6). При увеличении числа направлений пропорционально увеличивается число портов С37.94 и оптических кабелей.

Реализация встроенных модулей С37.94 часто не обеспечивает:

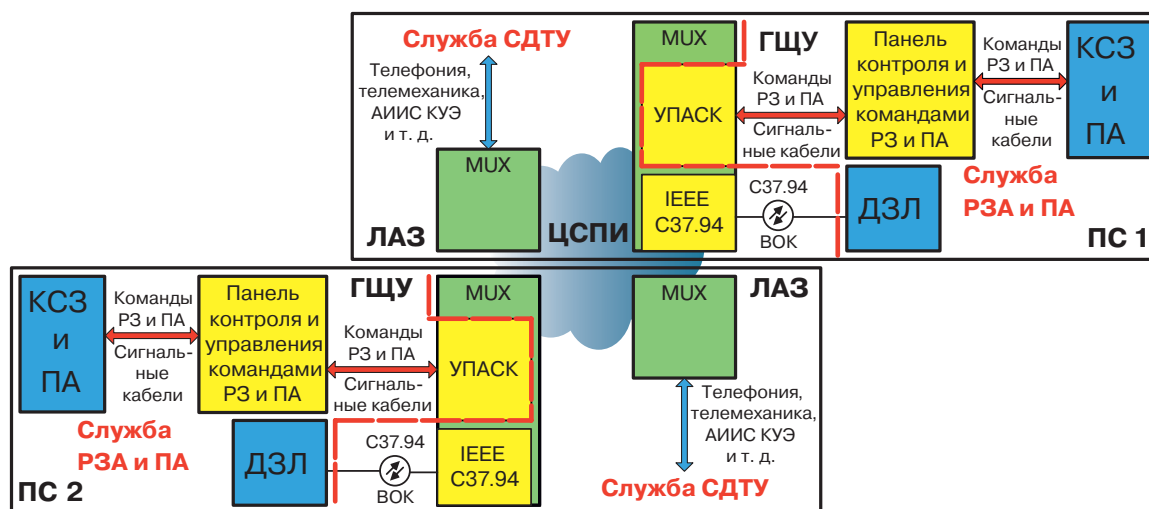


Рис. 5. Существующее решение с отдельными мультиплексорами доступа для служб РЗА и ПА и служб СДТУ

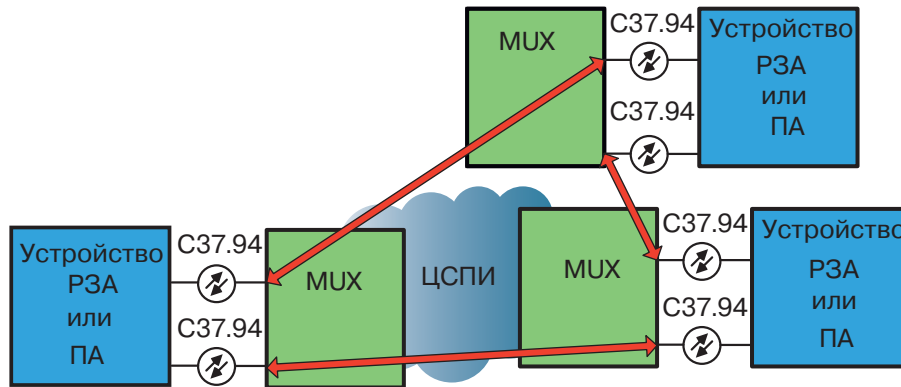


Рис. 6. Организация передачи информации с устройств РЗА и ПА в разных направлениях по интерфейсам С37.94

- энергонезависимые регистраторы без возможности их редактирования (отсутствие — усложнение расследований технологических нарушений),
- реле аварийной сигнализации и/или интеграцию в АСУ ТП по протоколам, используемым в технологической зоне (отсутствие — невозможность контроля состояния технологических каналов РЗА и ПА).

ЗАО «Юнител Инжиниринг» разработало и производит в России, преобразователи оптических интерфейсов в электрический E1 ПКУС СР24 ЭО1 и ПКУС СР24 ЭО2 (далее ПКУС СР24 ЭОх), имеющие энергонезависимый регистратор событий без возможности редактирования, контакты аварийной сигнализации и позволяющие производить интеграцию в АСУ ТП. Использование преобразователей ПКУС СР24 ЭОх позволяет организовывать передачу с одного интерфейса С37.94 устройства РЗА или ПА передачу информации в нескольких направлениях, как показано на рис. 7. Мультиплексоры доступа позволяют передавать данные с од-

ного порта E1 в разных направлениях за счет кросс-коммутации потоков 64 кбит/с.

Для решения проблем, связанных с использованием встроенных в мультиплексоры доступа УПАСК [2], ЗАО «Юнител Инжиниринг» разработало и производит в России панель контроля, управления и связи с системой регистрации ПКУС СР24. Панель ПКУС СР24 объединяет в одном конструктиве панель контроля и управления и УПАСК, передающее до 24 команд РЗ и ПА как напрямую по ВОК, так и через ЦСПИ по электрическому интерфейсу E1 или по оптическим E1 и IEEE С37.94. Объединение в одном конструктиве УПАСК и панели контроля и управления командами РЗ и ПА позволяет исключить между ними сигнальные кабели, клеммы и дискретные входы/выходы, применять типовые решения при реализации промежуточных панелей контроля и управления с УПАСК, что уменьшает себестоимость, увеличивает надежность и упрощает эксплуатацию.

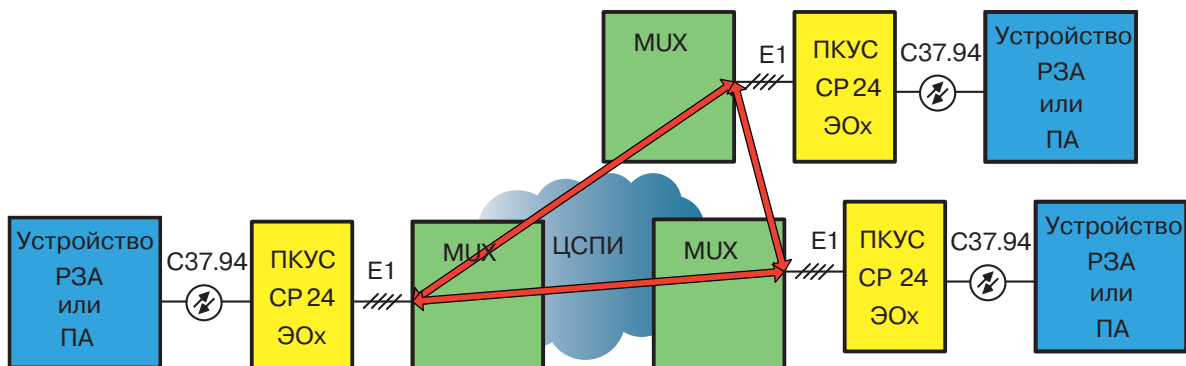


Рис. 7. Организация передачи информации с устройств РЗА и ПА в разных направлениях по интерфейсам С37.94 с использованием ПКУС СР24 ЭОх

■ другие вопросы

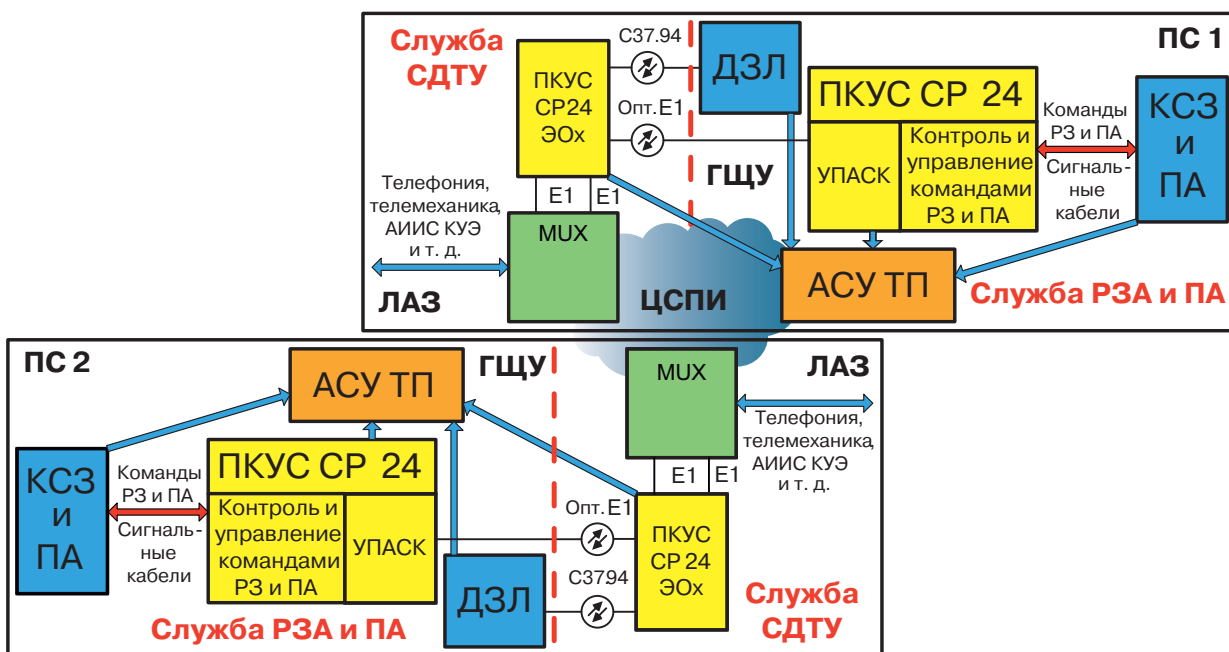


Рис. 8. Решение ЗАО «Юнител Инжиниринг» с исключением из ЦСПИ мультиплексов доступа, использующихся только для служб РЗА и ПА

Применение панелей ПКУС СР24 и преобразователей ПКУС СР24 ЭОх (рис. 8) позволяет не только решить проблемы, связанные с применением встроенных в мультиплексы доступа УПАСК и интерфейсов С37.94, но и исключить из ЦСПИ отдельный мультиплексор доступа для РЗА и ПА.

Таким образом, применение решений ЗАО «Юнител Инжиниринг» приводит к:

- разделению зон ответственности и обслуживания служб РЗА и ПА и служб СДТУ,
- снижению импортозависимости и реализации программы импортозамещения,
- высвобождению места на объектах электроэнергетики,
- применению типовых технических решений для систем РЗА и ПА (доступны схемы типовых исполнений шкафов с ПКУС СР24),
- уменьшению числа сигнальных кабелей, клемм и дискретных входов/выходов, что снижает себестоимость, увеличивает надежность и приводит к уменьшению расходов на эксплуатацию,
- обеспечению контроля каналов связи для РЗА и ПА и их интеграции в АСУ ТП,

- исключению несанкционированного доступа к системам РЗА и ПА через ЦСПИ,
- уменьшению числа мультиплексов доступа в ЦСПИ, что приводит к снижению стоимости ее реализации, включая стоимость лицензий для систем управления,
- упрощению сетевой топологии, увеличению надежности ЦСПИ и соответственно реализованных по ней каналов для РЗА и ПА,
- применению типовых технических решений для систем РЗА и ПА,
- исключению необходимости использования в ЦСПИ мультиплексов доступа одного производителя.

Список литературы:

1. IEC 60834-1, Teleprotection equipment of power systems – Performance and testing – Part 1: Command systems
2. В.А. Харламов О передаче сигналов команд релейной защиты и противоаварийной автоматики по цифровым сетям передачи информации. – Воздушные линии, 2012, №4, с.91-94.
3. СТО 56947007-33.040.20.123-2012 «Аттестационные требования к устройствам противоаварийной автоматики»