

Программно-технический комплекс для передачи команд РЗ и ПА по цифровым каналам связи (ПТК РЗПА)

Зайчиков В.В., Брухис Г.Л., Измайлова Л.И., Иванов Е.А., Кандауров Л.Н.

ПТК РЗПА предназначен для передачи команд релейной защиты высоковольтных линий (ВЛ) и команд противоаварийной автоматики по дуплексным цифровым каналам связи (волоконно-оптические линии связи, кабельные, радиорелейные и низкоорбитальные спутниковые линии связи).

Волоконно-оптические линии связи часто сооружаются с использованием ВЛ (оптический кабель встраивается в грозозащитный трос или подвешивается к проводам ВЛ), поэтому их направление, как и направление ВЧ каналов по ВЛ, совпадает с направлением передачи команд РЗ и ПА.

Применение цифровых каналов связи позволяет значительно повысить быстродействие, надежность и достоверность передачи команд РЗ и ПА в условиях повышенного воздействия электромагнитных помех.

ПТК РЗПА может быть использован при модернизации и техническом перевооружении энергообъектов.

ПТК РЗПА разработан по техническим требованиям, согласованным с РАО «ЕЭС России», и удовлетворяет всем требованиям к аппаратуре подобного класса (ГОСТ 29280-92, МЭК 255, МЭК 801 и др.).

Разработка системотехнической части ПТК РЗПА выполнена ОАО «Институт «Энергосетьпроект», разработка аппаратных и программных средств комплекса выполнена ОАО ЦНИИ «Циклон», г. Москва.

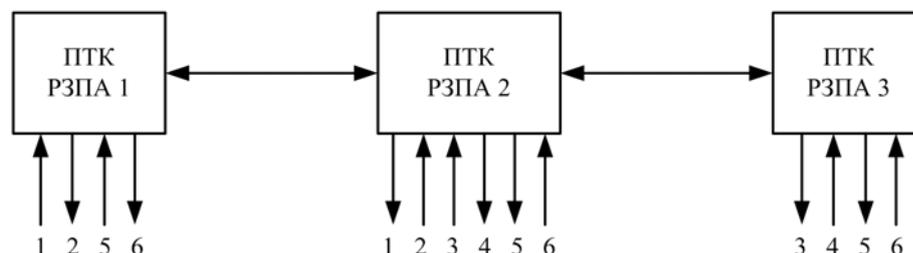
Аппаратура ПТК РЗПА принята межведомственной комиссией и рекомендована к применению на энергообъектах России.

Аппаратура ПТК РЗПА позволяет выполнять следующие функции:

- одновременно и независимо передавать до 64 дискретных команд с разной дисциплиной передачи (сигнал передается все время, пока он существует на входе, или передается кратковременно только при его появлении на входе);

- выполнять транзитную передачу, отбор и добавление команд на промежуточных пунктах канала связи, количество промежуточных пунктов не лимитируется, но, как правило, не более 6-ти;

Пример применения ПТК РЗПА для передачи команд РЗ и ПА в системе с топологией: "точка - промежуточный пункт - точка" показан на рис 1. При транзитной передаче команды РЗ передаются в пределах одного участка системы, а команды ПА - в пределах нескольких участков.



1, 2, 3, 4 - команды РЗ; 5, 6 - команды ПА

Рис 1. Пример применения ПТК РЗПА.

- при отсутствии сигналов РЗ и ПА передавать по выделенному каналу связи телемеханическую технологическую информацию и непрерывное тестирование адаптеров, модулей ввода/вывода и линий связи;
- автоматическое переключение на резервный канал связи при отказе основного;
- ведение архива событий с астрономическим временем их появления;
- связь с ЛВС и с компьютером верхнего уровня по интерфейсу RS-232/RS-485;
- наличие интерфейсов для связи с АРМ оператора и с устройствами световой и звуковой сигнализации;
- возможность передачи информации по цифровым линиям связи как совместно с любой цифровой связной аппаратурой, так и автономно с использованием собственных линейных трактов.

Совместно с имеющимся на объекте периферийным оборудованием ПТК РЗПА может также выполнять функции компьютера среднего уровня управления, обеспечивая связь с компьютером верхнего уровня или с ЛВС, архивацию и вывод информации на панель оператора, управление режимами работы и т.п.

Состав ПТК РЗПА (блок-схема приведена на рис. 2).

1. Системный блок

1.1. Модуль питания PU-01A. Преобразует выходное напряжения +24В блока питания LWN 2660-6 в напряжение +5В, используемое в модулях системного блока.

1.2. Модуль центральный CPU-03A (CPU-03B). Процессор модуля выполняет программу, которая управляет работой аппаратуры ПТК РЗПА. Программа работает в среде операционной системы реального времени ЭК-ОС, которая находится в системном ПЗУ. Прикладная программа модуля хранится во флэш-памяти модуля и загружается туда из компьютера.

1.3. Модуль сетевой С-02А. Осуществляет передачу и прием информации по двум дуплексным цифровым каналам связи.

1.4. Модули ввода дискретных сигналов DI-04А и DI-01А. Принимают входные команды, поступающие от устройств РЗ и ПА через адаптеры ввода AI-01А. Модуль DI-04А рассчитан на прием 48-ми команд, а модуль DI-01А – 32-х. Модуль DI-01А имеет гальваническую развязку от входных цепей.

1.5. Модули вывода дискретных сигналов DO-04А и DO-01А. Передают в адаптеры вывода АО-01 или АО-02 дискретные сигналы, преобразуемые адаптерами в выходные команды для РЗ и ПА. Модуль DO-04А рассчитан на формирование 48-ми выходных сигналов, а модуль DO-01А – 32-х. Модуль DO-01А имеет гальваническую развязку от выходных цепей. Модули вывода дискретных сигналов используются также для передачи в адаптеры ввода AI-01 сигналов, тестирующих входной тракт аппаратуры ПТК РЗПА. Кроме того, модули вывода используются для формирования сигналов для щита управления (АРМ оператора), а также для сигнализации на передней дверце шкафа ПТК РЗПА.

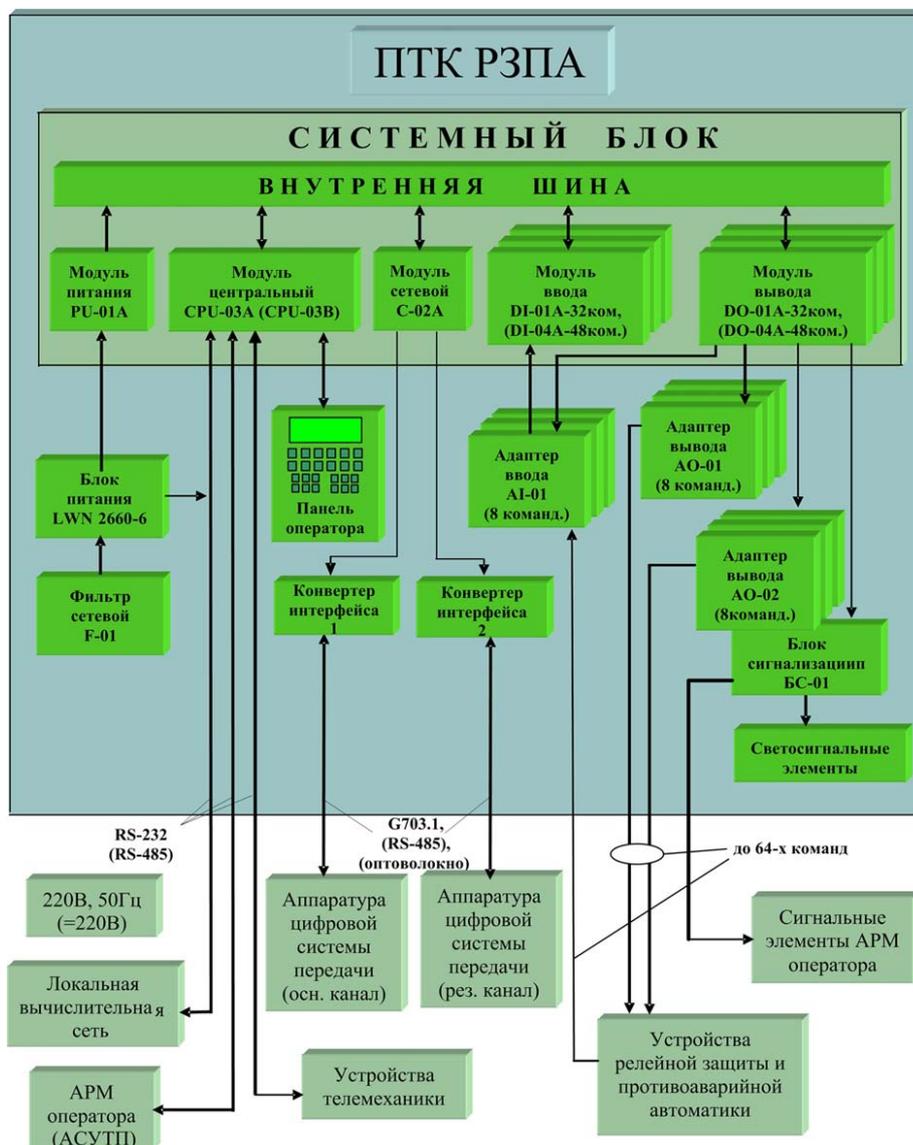


Рис. 2 Блок-схема ПТК РЗПА.

2. Блок питания LWN 2660-6. Преобразует постоянный либо переменный ток с номинальным напряжением 220В в постоянное напряжение 24В (2 гальванически развязанные цепи).

3. Фильтр сетевой F-01. Защищает ПТК РЗПА от перенапряжений и импульсных помех, возникающих в цепях питания.

4. Адаптеры ввода AI-01. Осуществляют электрическое согласование модулей ввода с тестируемыми модулями вывода и с устройствами РЗ и ПА. Входные цепи адаптеров обеспечивают защиту аппаратуры от высоковольтных импульсных наводок. Количество входных команд, принимаемых одним адаптером ввода – 8шт.

5. Адаптеры вывода АО-01, АО-02. Осуществляют гальваническую развязку выходных цепей модулей вывода от устройств РЗ и ПА. Количество выходных команд, выдаваемых одним адаптером вывода, – 8.

6. Блок сигнализации БС-01. Управляет светосигнальными элементами, расположенными на передней дверце шкафа ПТК РЗПА. Формирует сигналы о работе ПТК РЗПА для щита управления (АРМ оператора).

7. Панель оператора. Промышленный компьютер с дисплеем и клавиатурой. Взаимодействует с центральным модулем по интерфейсу RS-232. На дисплее панели оператора отображается информация о работе ПТК РЗПА. При помощи клавиатуры задаются режимы работы и уставки ПТК РЗПА.

8. Конвертеры интерфейсов. Преобразуют сигналы интерфейсов RS-232 модуля С-02А в сигналы интерфейсов цифровых каналов связи. В каждом из двух цифровых каналов связи прием/передача может осуществляться в следующих транспортных средах:

- интерфейс RS-485;
- интерфейс G703.1 64 кбит/с (сонаправленный стык);
- оптоволокно.

По требованиям заказчика в состав ПТК РЗПА могут быть включены модули связи с ЛВС по Ethernet 10/100Мбит/с и с цифровыми системами передачи по G. 703 E1 2 Мбит/с.

ПТК РЗПА имеет следующие характеристики:

- номинальное напряжение питания – 220В (постоянное или переменное);
- потребляемый ток – не более 1А;
- напряжение входного сигнала (команды) РЗ и ПА - от 24 до 220В, ток 20 мА;
- минимальное напряжение срабатывания - не ниже 60% номинального;
- выходной сигнал (команда) РЗ и ПА – на каждую выходную команду предусматривается 2 замыкающих контакта (максимальное коммутируемое напряжение 250 В постоянного тока, максимальная коммутируемая мощность в цепи с $t < 20$ мс – 30 Вт);
 - все входные и выходные сигналы (команды) имеют гальваническую развязку.
 - все входные и выходные цепи ПТК РЗПА, включая цепи электропитания, имеют защиту между полюсами и относительно корпуса от импульсных перенапряжений, электростатического заряда и электромагнитного поля повышенной напряженности;
 - соответствие стандартам МЭК и РФ: IEC 60834-1 ED2, IEC 60870-3, РД 34.35.310-97 и др., что делает возможным эксплуатацию ПТК РЗПА в существующей электромагнитной обстановке на энергообъектах РФ;
 - ПТК РЗПА имеет блокировку от передачи ложных команд при изменении и перерывах в электропитании и обеспечивает сохранение информации при перерывах в электропитании;
 - время передачи сигналов РЗ и ПА по цифровым каналам связи – не более 13 мс при использовании адаптера вывода с контактными выходами и не более 8 мс при использовании адаптера вывода с бесконтактными выходами;
 - время трансляции команды на промежуточном пункте не более – 2,5мс.

Параметры надежности ПТК РЗПА:

- средняя наработка на отказ, ч, не менее – 50000;
- среднее время восстановления, ч, не более – 0,5;
- средний срок службы, лет, не менее – 20.

Для аппаратуры ПТК РЗПА можно задать один из двух режимов работы (однократная или многократная передача команд). Эти режимы отличаются разными значениями вероятности приема ложной команды и вероятности отказа в приеме команды.

В аппаратуре применен циклический код с достаточно мощной групповой защитой, которая бракует всю посылку при обнаружении ошибки, при этом вероятность приема ложной команды уменьшается.

Для коэффициента ошибок в канале $BER=10^{-6}$ вероятность приема ложной команды при первом режиме работы – Р1л.к. $\leq 1,37 \cdot 10^{-9}$, при втором режиме работы (двукратная передача команды) – Р2л.к. $\leq 1,88 \cdot 10^{-18}$.

Для снижения вероятности отказа каждая посылка передается несколько раз, и прием разрешается при совпадении двух не забракованных защитой посылок.

Аппаратура ПТК РЗПА является необслуживаемой.

При этом 1 раз в год производится техническое обслуживание в объеме осмотра и контроля основных технических характеристик с выводом аппаратуры ПТК РЗПА из работы и 1 раз в 3 года - механическая ревизия.

Системное и прикладное программное обеспечение (ПО) ПТК РЗПА реализует:

- алгоритм функционирования;
- человеко-машинный интерфейс на русском языке;
- систему паролей для защиты информации от несанкционированного доступа;
- связь с компьютером (АСУТП) или ЛВС;
- ведение архива событий с астрономическим временем их появления и выдачу информации автоматически или по запросу на компьютер шита управления (в АСУТП) или в ЛВС;
- непрерывное тестирование аппаратуры ПТК РЗПА и каналов связи.

Программирование ПТК РЗПА осуществляется на пользовательском языке CONT, отличительными особенностями которого является текстовое описание команд на русском языке с представлением переменных в виде символьных имен.

Конструктивное исполнение.

ПТК РЗПА имеет модульную конструкцию и комплектуется по требованиям заказчика. Выбранная конфигурация комплекса определяется в зависимости от количества входных и выходных команд РЗ и ПА, типа и наличия основного и резервного канала связи, типа панели оператора и т.п.

Системный блок имеет до 14-ти посадочных мест. Резервные посадочные места могут быть использованы для специализированных модулей, разрабатываемых для адаптации ПТК РЗПА к аппаратуре конкретного энергообъекта, если существует потребность в таких модулях.

Аппаратура ПТК РЗПА размещается в напольном или настенном шкафу. Размеры шкафа зависят от объема аппаратуры, который, в свою очередь, зависит от числа передаваемых команд.

Габаритные размеры шкафа выбираются из следующего ряда:

- высота (мм) – 1200, 1600, 1900, 2200;
- ширина (мм) – 600, 800;
- глубина (мм) – 300, 400, 600, 800.

Опыт эксплуатации ПТК РЗПА.

Промышленная партия ПТК РЗПА эксплуатируется в Тюменьэнерго, затем в Тюменском РДУ с 2002г. по настоящее время.

Основной функцией ПТК РЗПА является передача программного обеспечения и управляющих воздействий между Сургутской ГРЭС-2 и вычислительной частью ЦСПА, установленной на диспетчерском пункте (ДП).

На ДП Тюменского РДУ аппаратура ПТК РЗПА связана с управляющей ЭВМ через платы сопряжения дискретных сигналов (входные и выходные).

На СГРЭС-2 ПТК РЗПА пускается дискретными сигналами устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАСК), непосредственно устройствами фиксации отключения ВЛ, отходящих от СГРЭС-2 (ФОЛ) и устройствами фиксации отключения блоков 800МВт СГРЭС-2(ФОБ).

За время эксплуатации отказов и ложных срабатываний аппаратуры не было.

Следует отметить, что из-за большого количества пусковых органов ЦСПА частота срабатывания при аварийных и плановых отключениях элементов сети, являющихся пусковыми органами, составляла не менее 10 срабатываний в месяц.

Высокую надёжность обеспечивает работа по двум выделенным оптоволоконным каналам.

ПТК РЗПА в Тюменской энергосистеме также предполагается использовать как резервное (дублирующее) УПАСК на направлении ПС 500 кВ Тюмень – ПС 500 кВ Беркут. Для этой цели поставлена аппаратура ПТК РЗПА, проведены пусконаладочные работы и испытания.

Направления дальнейшего развития ПТК РЗПА.

Алгоритмы, по которым работает программное обеспечение аппаратуры, поставленной на подстанции ПС 500 кВ "Беркут" и ПС 500 кВ "Тюмень", были усовершенствованы. Это позволило уменьшить время передачи сигналов между двумя пунктами. Измеренное при испытаниях суммарное время передачи команды, задержки каналообразующей аппаратурой связи и приема команды равно всего 3,75мс (при этом не учитываются время включения выходного реле при выдаче выходной команды и время определения истинности входной команды).

Кроме того, усовершенствованное программное обеспечение позволяет по каждому из находящихся в работе цифровых каналов постоянно вести анализ качества принимаемой информации. При этом качество информации оценивается по величине коэффициента качества канала (Ккк).

Ккк - это количество не принятых, либо принятых, но забракованных кадров на 10000 шт переданных удаленным ПТК РЗПА кадров.

Ккк для каждого цифрового канала индицируется на панели оператора.

С клавиатуры панели оператора для каждого цифрового канала можно ввести уставку качества канала, т. е. граничный коэффициент Ккк.

Если Ккк. превысит заданный граничный уровень, то качество канала считается ниже допустимого.

При этом:

- срабатывает сигнализация на передней дверце шкафа;
- подается сигнал на Щит управления;
- посылается сообщение в АСУ ТП;
- данное событие записывается в архив.

Таким образом, ведется мониторинг качества цифровых каналов связи, позволяющий выявлять динамику ухудшения качества каналов связи и применять превентивные меры для предотвращения сбоев в работе аппаратуры.

Сравнение с зарубежными аналогами.

Зарубежных аналогов ПТК РЗПА на рынке мало, т.к. противоаварийная автоматика в отличие от релейной защиты за рубежом не развита. Следует упомянуть о модуле Te BIT, встраиваемом в телекоммуникационную платформу SDH/PDH FOX-515 фирмы ABB, который имеет близкое назначение, однако работает только в связке с вышеуказанной платформой.

Преимуществами ПТК РЗПА являются:

- более низкая стоимость (в несколько раз);
- лучшая приспособленность к условиям российских энергосистем;
- большая экономичность в использовании телекоммуникационных ресурсов (цифровые каналы связи и пр.) по причине их отсутствия на многих российских энергообъектах.