

Построение системы противоаварийной автоматики (ПА) и системы сбора доаварийной информации на примере ОЭС Казахстана

К.Ю. Болдашевич, А.К. Ландман, А.М. Петров, А.Э. Петров, О.О. Сакаев (ЗАО “Институт Автоматизации Энергетических систем”), О.В. Сердюков, Р.В. Нестуля (Институт Автоматики и Электрометрии СО РАН)

Рассматриваются цели создания ПА электропередачи 500 кВ Север-Юг ЕЭС Казахстана. Приводятся: обзор аппаратного комплекса ПА КПА-М и описание ПА электропередачи 500 кВ Север-Юг ЕЭС Казахстана ИАЭС; обзор аппаратного комплекса «Торнадо-КП-ПА» и описание ССПИ ПА электропередачи 500 кВ Север-Юг ЕЭС Казахстана выполнены компанией МС Торнадо. Сделаны совместные выводы.

Назначение и принцип работы системы ПА

Система ПА предназначена для обеспечения устойчивости послеаварийного режима при аварийных изменениях параметров режима и отключениях воздушных линий (ВЛ) электропередач 1150 и 500 кВ в энергосистеме республики Казахстан.

Система ПА ЕЭС Казахстана строится по принципу централизованной системы, в которой вся необходимая информация с энергообъектов района энергосистемы передается к единому центру, где на основании данной информации автоматическими устройствами принимается решение о необходимости реализации тех или иных управляющих воздействий. В соответствии с рабочим проектом, определены два района управления с центрами выбора управляющих воздействий (УВ) на ПС 1150 кВ: Экибастузская и Южно-Казахстанская ГРЭС (ЮКГРЭС). На данных энергообъектах устанавливаются управляющие вычислительные комплексы автоматической дозировки воздействий (УВК АДВ).

УВК АДВ предназначен для выбора вида и интенсивности УВ, обеспечивающих сохранение устойчивости при аварийных отключениях ВЛ, на основании полученной от устройства телемеханики «Торнадо-ЦППС» информации о режиме работы энергосистемы. УВК АДВ обеспечивает пуск команд на реализацию выбранных УВ при получении пусковых аварийных сигналов об отключениях ВЛ.

УВК АДВ на ПС Экибастузская осуществляет выбор УВ при аварийных ситуациях на ВЛ 1150-500 кВ Северного Казахстана, входящих в электропередачу Казахстан-Урал, а также части транзита 500 кВ Север – Юг Казахстана от ПС 1150 кВ Экибастузская до ПС 500 кВ Агадырь, а УВК АДВ на ЮКГРЭС – при аварийных ситуациях на электропередаче 500 кВ Север – Юг Казахстана.

Для обеспечения устройств АДВ необходимой информацией о нагрузке и состоянии сети района управления предусмотрены подсистемы сбора и передачи доаварийной информации (ССПИ) на базе устройств телемеханики «Торнадо-ЦППС» и «Торнадо-КП».

Устройства телемеханики «Торнадо-КП» предназначены для сбора информации о текущем режиме работы оборудования на энергообъекте. В состав контролируемой информации устройства «Торнадо-КП» входят состояние ВЛ (отключена, включена) и значения перетоков активной мощности по ВЛ в месте установки устройства.

Устройства телемеханики «Торнадо-ЦППС» предназначены для получения информации от устройств телемеханики «Торнадо-КП» и передачи полного объема информации, собранной со всех энергообъектов энергосистемы, в устройства УВК АДВ.

УВК АДВ, размещаемое на ПС 1150 кВ Экибастузская, выполняет расчет и выбор управляющих воздействий для сохранения устойчивости при аварийных отключениях ВЛ 1150-500 кВ Северного Казахстана, входящих в электропередачу Казахстан-Урал, а также

части транзита Север – Юг Казахстана от ПС 1150 кВ Экибастузская до ПС 500 кВ Агадырь.

Для обеспечения устойчивости электропередачи Казахстан-Урал УВК АДВ на ПС 1150 кВ Экибастузская воздействует на разгрузку сети путем отключения генераторов (ОГ) на объектах ЕЭС Казахстана и ОЭС Сибири. Предусматривается организация трех ступеней ОГ (ОГ-1, ОГ-2, ОГ-3), которые могут быть реализованы на Экибастузской ГРЭС-1 (АЭС Экибастуз), Ермаковской ГРЭС (ЕЭК) в ЕЭС Казахстана или на ГЭС в ОЭС Сибири. При этом в ОЭС Сибири предусматривается отключение одного или двух генераторов. Выбор мест реализации ОГ от УВК АДВ на ПС 1150 кВ Экибастузская выполняется оперативно диспетчерским персоналом переключением цепей передачи и приема команд на ОГ к выбранным исполнительным устройствам.

Для разгрузки контролируемого участка транзита Север – Юг Казахстана УВК АДВ на ПС 1150 кВ Экибастузская воздействует на отключение нагрузки (ОН) в центральных и южных районах Казахстана, а также на ОН в энергосистемах Центральной Азии.

Передача аварийных сигналов от пусковых устройств фиксации отключения линий (УФОЛ) к УВК АДВ на ПС 1150 кВ Экибастузская и команд УВ от АДВ к исполнительным устройствам предусматривается по существующим и организуемым вновь ВЧ-каналам и каналам ВОЛС по ВЛ.

На ЮКГРЭС также предусматривается установка двух автоматизированных рабочих мест, представляющих собой персональные компьютеры в промышленном исполнении, которые предназначены для настройки и мониторинга УВК АДВ. Одно АРМ устанавливается на диспетчерском щите станции, второе АРМ – у персонала службы РЗА.

На ЮКГРЭС дополнительно устанавливается автоматика наброса мощности (АНМ). Автоматика наброса мощности предназначена для выбора и пуска команд УВ при возникновении статической перегрузки электропередачи в результате аварийных небалансов мощности. АНМ обеспечивает сохранение устойчивости энергосистемы при аварийных ситуациях, не фиксируемых в устройствах АДВ. Устройство АНМ на ЮКГРЭС включается на контроль перетока активной мощности по двум цепям ВЛ ЮКГРЭС-Агадырь. Срабатывание устройства АНМ происходит с выдержкой времени при одновременной фиксации превышения перетока мощности, уставки срабатывания по мощности и снижения напряжения в узле ЮКГРЭС ниже уставки срабатывания по напряжению.

Устройства «Торнадо-КП» размещаются по территории энергосистемы на следующих энергообъектах: ПС 1150 кВ Экибастузская, АЭС Экибастуз, ЦППП, ПС 500 кВ Есиль, ПС 500 кВ Сокол, ПС 1150 кВ Кустанай, ПС 1150 кВ Кокчетав, ПС 500 кВ Аврора, ПС 500 кВ Нура, ПС 500 кВ Агадырь, ЮКГРЭС, ПС 500 кВ Шу, ПС 500 кВ Алматы. Помимо собственной информации, собираемой на объекте, каждое устройство КП передает статусную информацию, а также ретранслирует по цепочке информацию, получаемую от других устройств КП. Для ввода в КП значений перетоков мощностей предусматривается использование измерительных преобразователей с цифровым выходом. На каждое присоединение устанавливаются по два преобразователя для выдачи данных в два полуконспекта (основной и резервный) устройства КП. Ввиду небольшого количества измерительные преобразователи размещены в шкафу устройства КП.

Структурная схема системы ПА ЕС Казахстана приведена на рис. 1. На схеме показано, что все устройства системы объединены одним общим технологическим процессом производства и передачи электроэнергии по сети 500- 1150 кВ.

Состав системы ПА

В состав системы ПА входят следующие устройства:

- устройства телемеханики «Торнадо-КП» – 13 шт.;
- устройства телемеханики «Торнадо-ЦППС» – 2 шт.;
- управляющий вычислительный комплекс (УВК) АДВ – 2 шт.;

- автоматика наброса мощности (АНМ) – 1 шт.

Устройства телемеханики «Торнадо-КП» и «Торнадо-ЦППС» созданы на базе программно-технического комплекса «TORNADO», имеющего:

- сертификат соответствия № РОСС RU.АЯ79.В55560, выданный 220 октября 2004 г. Органом по сертификации продукции и услуг ООО «Новосибирский центр сертификации и мониторинга качества продукции» РОСС RU.0001.10 АЯ79;

- сертификат Госстандарта РФ об утверждении типа средств измерений RU.C.34.004.А № 11234 от 07.12.2001 г.

Основу устройств составляют микропроцессорные контроллеры в промышленном исполнении. Устройства выполняются в стандартных электротехнических шкафах и устанавливаются в помещениях релейных щитов энергообъектов.

В качестве устройств УВК АДВ и АНМ используется оборудование типа КПА-М (разработка ЗАО «ИАЭС», г. Новосибирск), имеющее положительное заключение МВК. Акт о приемке Комплекса противоаварийной автоматики многофункционального (КПА-М) от 25.09.2007 г. утвержден Первым заместителем Председателя ОАО «ФСК ЕЭС».

УВК АДВ на ПС 1150 кВ Экибастузская и на ЮКГРЭС представляет собой трехшкафное дублированное исполнение АДВ на базе КПА-М. Данное исполнение включает два резервированных комплекта УВК АДВ в разных шкафах и один кроссовый шкаф. Структура и конструктивное исполнение АДВ позволяет (после необходимых оперативных переключений между двумя комплектами) выполнять профилактические работы и работы по корректировке программного обеспечения (ПО), а также замену технических средств (ТС) без полного вывода из работы системы ПА.

Устройство АНМ представляет собой комплекс КПА-М в одношкафном исполнении. Основу устройств составляют микропроцессорные контроллеры в промышленном исполнении. Устройства выполняются в стандартных электротехнических шкафах и устанавливаются в помещениях релейных щитов энергообъектов.

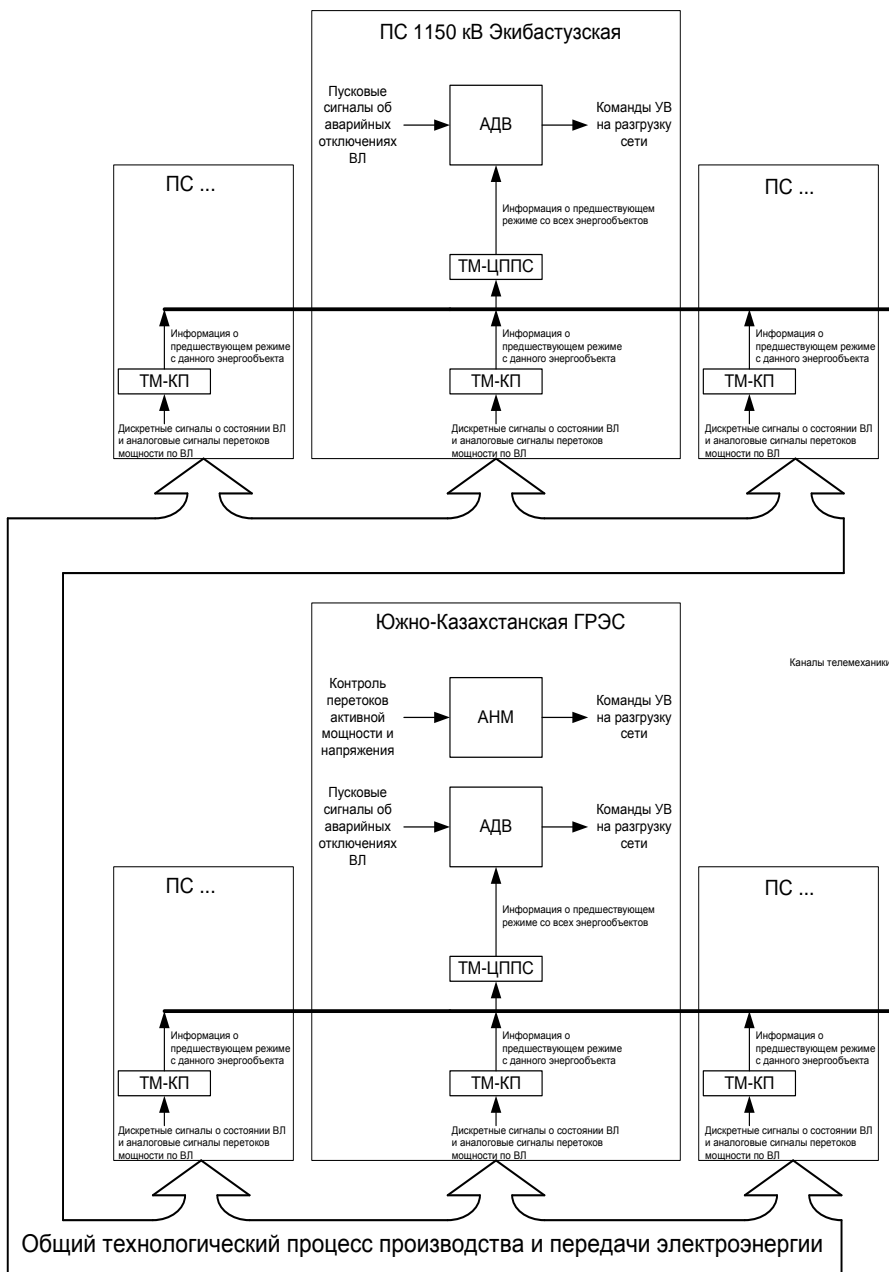


Рис. 1. Структурная схема системы ПА ЭЭС Казахстана

Структура и состав УВК АДВ

Общие положения

УВК АДВ выполняется на базе комплекса КПА-М ТО 3435-001-50756329-2008, выпускается в виде единой сборки трех шкафов (рис.2) промышленного исполнения, содержащей два шкафа комплектов управления КПА-М и один шкаф кроссовый. Комплекты управления (КУ) содержат по 2 функциональных блока противоаварийной автоматики (БФ), один блок сервера, периферийные устройств и НКУ. Кроссовый шкаф содержит коммутационное оборудование, коммутаторы локальной сети, периферийные устройства и НКУ.

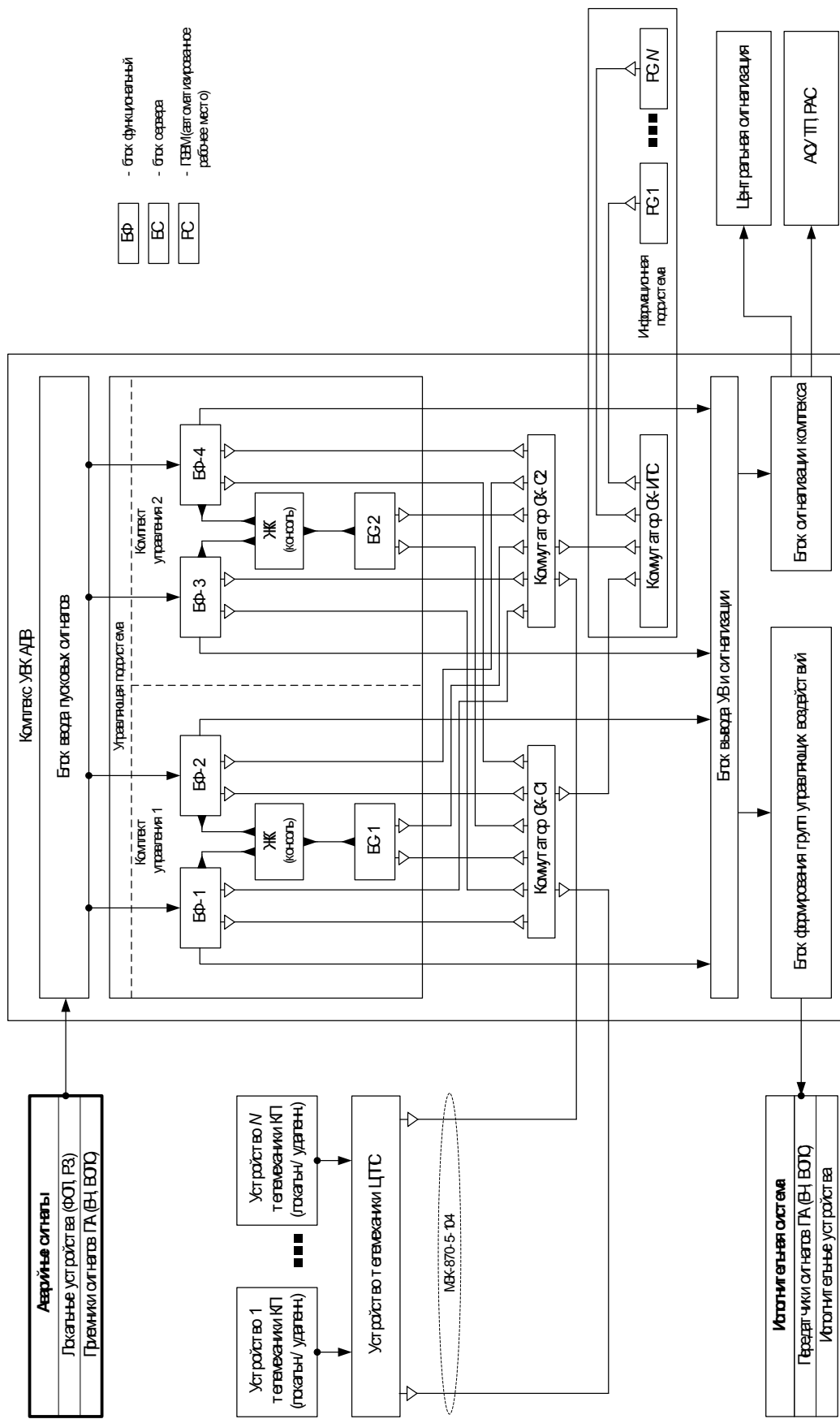


Рис.2. Структурная схема УВК АДВ

Комплекты управления

Комплекты управления УВК АДВ предназначены для обработки цифровой информации от устройств передачи доаварийной информации – центральных приемопередающих станций (ЦППС) телемеханики. Два комплекта управления – КУ-1 и КУ-2 – идентичны по составу оборудования, функциональному насыщению, выполняемым задачам. Каждый комплект управления содержит:

- два блока функциональных. Блок обеспечивает выполнение функций АДВ (автоматики дозировки воздействия) и АЗД (автоматического запоминания дозировки);
- периферийное оборудование БФ – полевые модули ввода/вывода дискретной информации EDI и EDO, в том числе необходимые для вывода сигналов УВ, для 2-х БФ, установленных в КУ;
- один блок сервера БС, реализующий функции внешнего контроля и протоколирования работы блоков БФ своего комплекта управления. Для обеспечения надежности и сохранности протоколов в БС выполняется резервирование жесткого диска на основе массива RAID-1;
- одна консоль оператора со встроенным переключателем и с жидкокристаллической панелью. Предназначена для проведения работ по эксплуатационному обслуживанию (контроль, тестирование, конфигурирование) к установленным в комплекте блокам БФ и БС;
- один источник бесперебойного питания для нужд БС и консоли оператора;
- блок разъемов для подключения к кроссовому шкафу;
- блок автоматов питания с двумя автоматами питания 220 В постоянного и двумя автоматами 220 В переменного тока;
- сигнальное оборудование – светодиодные лампы, обеспечивающие визуальную информацию о срабатывании или неисправности комплекта.

Кроссовый шкаф

Кроссовый шкаф УВК АДВ предназначен для подключения внешних цепей и связей комплекса, коммутации и управления пусковыми сигналами и сигналами управляющих воздействий, цепей сигнализации. С панели управления кроссового шкафа осуществляется контроль режимов работы комплекса. Сзади шкафа располагаются ряды зажимов внешних подключений и сетевые коммутаторы для связи с внешними устройствами по сети технологической связи Ethernet.

Комплектация периферийными устройствами кроссового шкафа определена функциональным назначением комплекса и включает в себя: переключатели состояния цепей дискретного ввода/вывода для каждого комплекта управления на панели управления; испытательные блоки оконечных выходных цепей комплекса для каждого комплекта управления; сигнальное оборудование – светодиодные лампы, кнопки квитирования информации и снятия сигналов блинкеров с запоминанием на платах СИС функциональных блоков; блок сигнализации Сириус-ЦС, обеспечивающий сигнализацию с запоминанием о выдаче каждого управляющего воздействия комплекса; модули реле-размножителей сигналов дискретного вывода и сигнализации; модульные таймеры контроля оперативного тока и блокировки от ложного срабатывания; сетевые управляемые коммутаторы; два источника ± 220 В/ ± 24 В для питания сетевых управляемых коммутаторов; блок автоматов питания с двумя автоматами питания 220 В постоянного и автоматом 220 В переменного тока; ряды зажимов для подключения внешних коммутаций; ряд зажимов конфигурации выходных сигналов и ряд зажимов с встроенными диодами для цепей сигнализации.

Релейные модули предназначены для организации ввода/вывода дискретной информации от модулей EDO БФ, установленных в шкафах управления. Контакты этих реле собраны в группы, которые конфигурируются на ряду зажимов для организации пуска исполнительных устройств через ряд зажимов выходных цепей комплекса.

Модульные таймеры предназначены для организации подачи напряжения на выходные реле управления только в момент срабатывания ПО с заданной выдержкой времени, необходимой для надежного срабатывания выходных реле и пуска ими передатчиков. Этим обеспечивается блокировка от ложного срабатывания комплекса в целом в режиме без поступления на вход пусковых сигналов вследствие наводок или сбоев.

Переключатели предназначены для оперативной подачи (снятия) питания на цепи ввода (на EDI) функциональных блоков в комплексах управления и на релейные модули вывода дискретных сигналов с БФ в шкафу кроссовом.

Техническое описание программного обеспечения УВК АДВ

Программное обеспечение УВК АДВ функционирует на блоках функциональных и блоках сервера, входящих в состав УВК АДВ, под управлением операционной системы реального времени QNX 4.25 производства фирмы QSSL, в составе:

1. QNX Operating System.
2. TCP/IP Runtime.

Состав программных средств УВК АДВ

В каждом БФ и БС установлены два накопителя: основной – для загрузки программного обеспечения, выполняющего функции ПА, и дополнительный – для хранения протоколов работы и архивов для восстановления программного обеспечения и настройки.

В штатном режиме работы операционная система (ОС) и программное обеспечение УВК АДВ загружаются с основного накопителя. Также предусмотрен режим восстановления, когда операционная система и средства восстановления настройки загружаются с дополнительного накопителя.

Режимы функционирования УВК АДВ

Предусмотрено два режима функционирования УВК АДВ: а) штатный режим – запускается программное обеспечение для выполнения технологических функций УВК и б) режим обслуживания – проводятся различные регламентные работы по техническому обслуживанию УВК АДВ, обновление настройки и/или программного обеспечения УВК АДВ.

Информационная подсистема УВК АДВ

Назначение и состав

Для отображения текущего состояния района управления, исходных данных, используемых в процессе выбора управляющих воздействий алгоритмами УВК АДВ, и иной информации, важной для его функционирования, а также для управления работой УВК, в его состав включена информационная подсистема, блоки которой запускаются на ПЭВМ.

Информационная подсистема УВК АДВ состоит из рабочих мест оператора на базе ПЭВМ. Связь рабочих мест операторов с устройством АДВ выполняется по локальной сети через управляемый коммутатор СК-ИПС, установленный в кроссовом шкафу. Доступ к устройству АДВ с рабочего места оператора может быть санкционирован только для наблюдения за работой комплекса на мониторе и просмотра текущих и аварийных протоколов, записываемых и хранящихся в блоках серверов, а также дополнительно может быть разрешено выполнение корректировок исходных данных, вводимых в комплекс, профилактических и прочих работ в соответствии с руководством по эксплуатации.

Программные средства АРМ

С учетом исполнения УВК АДВ двумя комплектами управления на базе КПА-М информационная подсистема устанавливается на рабочее место в двух экземплярах: возможна одновременная работа с одного рабочего места с двумя комплектами УВК АДВ, однако одновременно на экране может отображаться состояние только одного комплекта.

Используя блок связи с микропроцессорным устройством, АРМ выполняет функции: приема таблиц данных и сообщений о фиксации событий, корректировок параметров текущего режима на ручном вводе либо изменение параметров настройки и передачи скорректированных таблиц данных на микропроцессорные устройства управляющей подсистемы УВК.

Для обмена информацией между информационной и управляющей подсистемами УВК АДВ используется протокол ТСР/IP.

Блок ввода и отображения информации (БВО) выполняет функции: авторизации; отображения мнемосхемы района управления; отображения текущего состояния УВК АДВ; отображения параметров текущего режима и настройки УВК АДВ на мнемосхеме или в табличном виде; отображения сообщений о событиях, зафиксированных УВК АДВ; запроса и последующего отображения выборок из протокола работы УВК АДВ и корректировки параметров текущего режима и настройки УВК АДВ (на ручном вводе).

Обзор аппаратного комплекса «Торнадо-КП-ПА»

Комплекс телемеханики для противоаварийной автоматики «Торнадо-КП-ПА» построен на основе серийного изделия «Торнадо-КП» комплекса «Торнадо-ТМ». При этом используется однотипная аппаратная база – контроллеры линейки МІС-860 производства компании ЗАО «Модульные Системы Торнадо» и системное и прикладное программное

обеспечение комплекса «Торнадо-ТМ».

Комплекс телемеханики «Торнадо-ТМ» изначально создавался на основе прекрасно зарекомендовавшей себя операционной системы реального времени OS-9. Использование полноценной операционной системы позволило на этапе проектирования архитектуры прикладного программного обеспечения системы телемеханики предусмотреть не только функционирование «ядра» системы в составе базы данных реального времени (БДРВ) телеинформации, телемеханических протоколов и драйверов устройств ввода/вывода, но и среды технологического программирования ISaGRAF. Последнее обстоятельство является ключевым фактором,

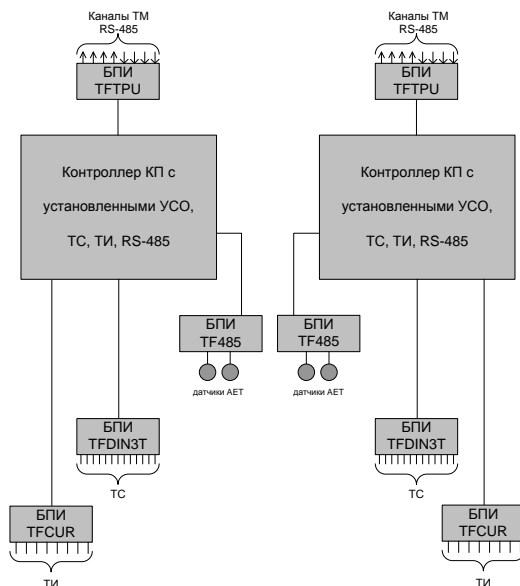


Рис.3. Аппаратная архитектура «Торнадо-КП-ПА»

определяющим возможность использования программно-аппаратного комплекса для целей создания систем сбора и передачи доаварийной информации (ССПИ ПА).

Аппаратная архитектура комплекса «Торнадо-КП-ПА» имеет одну особенность, продиктованную повышенными требованиями к надежности систем ССПИ-ПА – комплекс телемеханики является полностью дублированным (рис.3). Каждый полукomплект комплекса имеет собственные источники питания, средства ввода



Рис. 4. Пример компоновки Торнадо-КП-ПА

телеинформации и телеизмерений, а также свой комплект цифровых измерительных преобразователей. При этом цифровые измерительные преобразователи с необходимой технологической обвязкой могут размещаться как в шкафу «Торнадо-КП-ПА», так и на релейных панелях. Пример компоновки шкафа «Торнадо-КП-ПА» показан на рис. 4.

БДРВ комплекса включает в свой состав телеинформацию, собранную как с локальных интерфейсов (цифровых преобразователей, контроллеров дискретных сигналов и т.п.), так и поступившую в комплекс по телемеханическим каналам связи со смежных энергетических объектов. Вся телеинформация в БДРВ контроллера является доступной для использования в алгоритмах

среды технологического программирования. Среда

технологического программирования контроллера «Торнадо-КП-ПА» позволяет реализовывать любые алгоритмы, наиболее востребованными из которых являются:

- дорасчет параметров;
- достоверизация параметров;
- локальная технологическая сигнализация.

Алгоритмы дорасчета позволяют выполнять преобразования промежуточных величин в инженерный диапазон, учет коэффициентов трансформации и т.д. Достоверизация параметров может выполняться как на основе алгоритмов физической непротиворечивости групп параметров, так и на основе анализа топологий систем связи устройств ССПИ ПА с учетом признаков достоверности телепараметров. Алгоритмы локальной технологической сигнализации предназначены для привлечения внимания дежурного персонала энергообъекта в случаях частичных или полных отказов в работе комплекса. Таким образом, набор данных алгоритмов позволяет уже на уровне контроллеров КП-ПА объекта провести весь необходимый анализ телеинформации и провести необходимые ее модификации для дальнейшей передачи в смежные узлы или в комплексы ПА.

Основным рабочим инструментом обслуживающего персонала является программное обеспечение АРМ телемеханика. АРМ телемеханика реализован на основе веб-технологий. На контроллере запущен веб-сервер, предоставляющий доступ пользователя к

телеинформации, содержащейся в БДРВ контроллера. Кроме функций по просмотру телеинформации, АРМ телемеханика позволяет локировать любые переменные и определять их значение или признаки их достоверности вручную. Данная функциональность позволяет сохранять передачу достоверных значений телепараметров при проведении ремонтных и регламентных работ на объекте.

ССПИ ПА электропередачи 500 кВ Север-Юг ЕЭС Казахстана

Построение системы противоаварийной автоматики электропередачи Север-Юг ЕЭС Казахстана потребовало создания системы ССПИ ПА, охватывающей все магистральные подстанции класса напряжения 500 кВ и выше. Таким образом, компоненты системы ССПИ ПА (Торнадо-КП-ПА) установлены на 12-ти подстанциях класса 500 кВ и одной подстанции класса 1150 кВ.

Доаварийной информацией для УВК АДВ ЮКГРЭС и УВК АДВ ПС Экибастузская является информация о состоянии контролируемой сети 500 кВ (ремонт/неремонт) и о перетоках активной мощности в контролируемых сечениях.

С учетом состава и архитектуры технических и программных средств УВК АДВ, вся доаварийная информация поступает от центральных приемо-передающих станций (ЦППС) телемеханики.

Сигналы о состоянии ВЛ-500 кВ формируются устройствами ФОЛ и передаются на ЦППС ЮКГРЭС и ПС Экибастузская с удаленных объектов по ВЧ-каналам и по каналам телемеханики (ТМ). Состояние «Ремонт» в ЦППС телемеханики фиксируется при отключении линии с любой стороны, а «Неремонт» – при включении линии с обеих сторон. Для этого в ЦППС передаются сигналы о состоянии ВЛ, полученные устройствами КП телемеханики с двух концов ВЛ. Наряду с автоматической фиксацией состояния сети в АДВ ЮКГРЭС и в АДВ ПС Экибастузская предусмотрена возможность ручного ввода информации о схеме и режиме сети.

Информация о перетоках активной мощности на объектах формируется от измерительных преобразователей (ИП) и передается в ЦППС ЮКГРЭС и в ЦППС ПС Экибастузская по каналам телемеханики. При переводе контролируемых присоединений 220 кВ на обходной выключатель замеры мощности сохраняются.

Доаварийная информация, как правило, передается по двум независимым трактам, а в каждом тракте – по двум дублированным каналам.

Для повышения надежности системы сбора и передачи информации (ССПИ) каждое устройство контролируемого пункта (КП) телемеханики выполняется дублированным. ЦППС так же имеет резервированную структуру.

Исходя из топологии существующих и вновь создаваемых каналов связи и телемеханики и согласованной Заказчиком цепочечной (с ретрансляцией) структуры передачи доаварийной информации, для передачи целесообразно применить однонаправленные циклические протоколы обмена информацией.

Упрощенная схема топологии каналов связи и потоков передачи телеинформации показана на рис.5. Из рисунка видно, что часть подстанций сконцентрирована на севере Казахстана, часть – на юге. Связь этих районов и обеспечивается новой электропередачей Север-Юг. Подстанции Севера объединены средствами связи в кольцо. Аналогичная архитектура системы связи существует на Юге Казахстана.

На различных участках сети используются как ВЧ каналы связи по ЛЭП, так и ВОЛС. Соответственно скорости передачи телеинформации по этим участкам составляют 600 и 9600 бод. При этом в целях повышения интегральной надежности системы ССПИ ПА информация с каждого узла на участках с кольцевой топологией передается в двух направлениях. Такая архитектура позволяет сохранить поступление телеинформации со всех узлов кольца при условии прекращения передачи информации на одном из участков кольца.

Протокол передачи телеинформации основан на использовании кадров стандарта МЭК-870-5-101 без запроса со стороны станции «мастер», класс диалоговой процедуры S1 – SEND/NO REPLAY: посылка без ответа. Использование такой реализации протокола позволило достичь приемлемого времени передачи информации на участке с максимальным количеством узлов ретрансляции (6 узлов) 6.5-7 секунд, несмотря на низкую скорость передачи в канале – 600 Бод.

Помимо собственной информации, собираемой на объекте, каждое устройство КП передает статусную информацию, а так же ретранслирует по цепочке информацию, получаемую от других устройств КП.

Вся телеинформация поступает на два объекта, на которых установлены УВК ПА. Прием телеинформации осуществляется в комплексы «Торнадо-ЦППС». Аппаратное и программное обеспечение этих комплексов практически аналогично «Торнадо-КП-ПА». Отличия состоят в том, что в «Торнадо-ЦППС» отсутствуют локальные контроллеры ТИТ и ТС, а количество каналов связи RS-485 увеличено до 16. Кроме того, на «Торнадо-ЦППС» выполняется полная достоверизация всей телеинформации. Контролем передачи телеинформации из ЦППС в УВК ПА управляет программно-аппаратный арбитр.

Наличие кольцевой топологии сети передачи телеинформации вместе с фактом отправки телеинформации из узла в два разных направления приводит к тому, что один и тот же физический сигнал на уровне ЦППС может быть получен по многим каналам связи как с основного комплекта, так и с резервного (рис. 6).

Использование избыточности информации (многократного резервирования) приводит к существенному росту надежности системы. Так, например, для северного «кольца» на Торнадо-ЦППС приходит около 250 телесигналов, в то время как в УВК ПА передается только 40 сигналов. Принцип достоверизации телеинформации показан на рис. 7. В качестве исходных данных используются телесигналы с основного и резервного комплектов, поступившие в ЦППС по различным каналам связи. Каждый телесигнал сопровождается признаком его достоверности, который формируется локальным КП. При ретрансляции признак достоверности сигнала может быть модифицирован в узле ретрансляции (в КП) при отказе связи на соответствующем направлении. На первом этапе достоверизации проверяется состояние ручных ключей, указывающих состояние ремонтных различных каналов связи. Состояние ключей непосредственно вводится в КП, установленном на одном объекте с ЦППС и УВК ПА. Если ключ признака ремонта канала связи выставляется в положение «ремонт», все телесигналы, получаемые по этому каналу связи вне зависимости от физического состояния канала связи, получают признак недостоверности. На втором этапе происходит сравнение признаков достоверности для копий сигнала, полученных с основного комплекта и отдельно с резервного. И на заключительном этапе сравниваются признаки достоверности сигналов с основного и резервного комплектов, и при их совпадении также сравниваются собственно значения сигналов. Таким образом, в ПТК ПА передается полностью достоверизированная телеинформация.

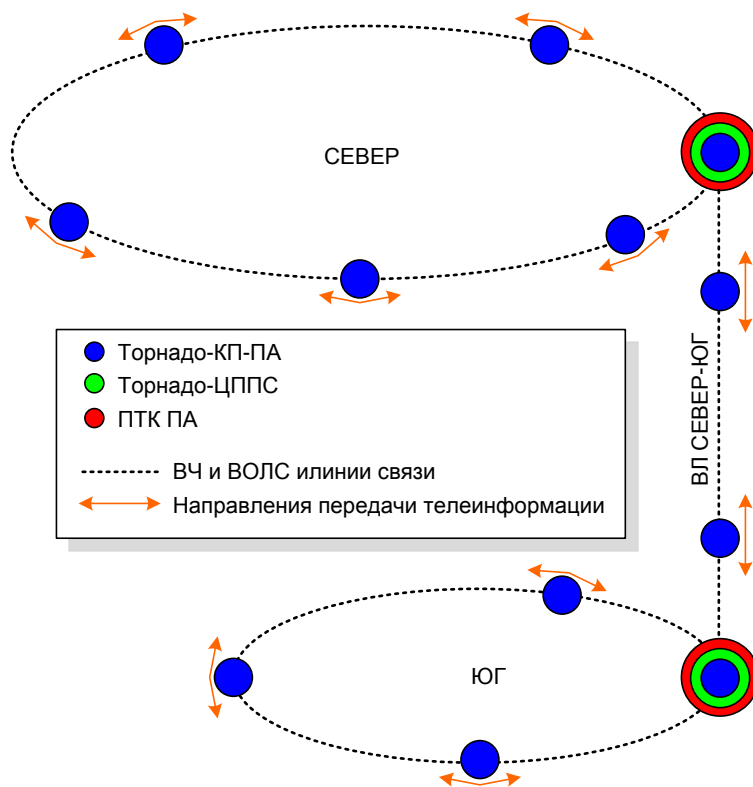


Рис.5. Упрощенная схема топологии каналов связи и передачи телеинформации

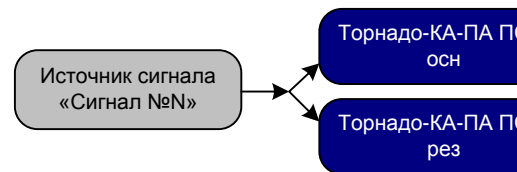


Рис.6. Схема передачи сигнала

Выводы

Разработана надежная централизованная система автоматического предотвращения нарушения устойчивости с двумя районами управления.

На примере комплекса ПА и ССПИ ПА ЕЭС Казахстана показаны принципы проектирования и создания высоконадежной системы

противоаварийной автоматики на основе самых современных программно-технических комплексов

К.Ю. Болдашевич – инженер, А.К. Ландман – канд. техн. наук, А.М. Петров, А.Э. Петров, О.О. Сакаев – ЗАО «Институт Автоматизации Энергетических систем», О.В. Сердюков – канд. техн. наук,

Р.В. Нестуля – канд. физ.-мат. наук – Институт Автоматики и Электростроения СО РАН

Телефон: +7 (383) 363-39-00.

E-mail: sdg@tornado.nsk.ru

<http://www.tornado.nsk.ru>