

УДК 621.311

**ИННОВАЦИОННЫЕ ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ
INNOVATIVE DIGITAL SOLUTIONS IN THE ENERGY SECTOR**

Е.Д. Самутичева

Научный руководитель – Д.М. Смолловская, ассистент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

diana12.ru@mail.ru

E. Samuticheva

Supervisor – D. Smolovskaya, assistant

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: Описание инновационной для Беларуси цифровой подстанции Могилев – 330. На ее примере рассматриваются современные технологии в энергетике (сведена к минимуму медь между устройствами подстанции и соединение посредством шин, применение оптических трансформаторов и выключателей-разъединителей, компактность и уменьшение штаба сотрудников, долговечность), которые позволяют снизить эксплуатационные и трудовые затраты.

Annotation: Description of the innovative digital substation Mogilev – 330 for Belarus. Using its example, modern technologies in the energy sector are considered (copper between substation devices and connection via buses is minimized, the use of optical transformers and disconnecter switches, compactness and reduction of the staff of employees, durability), which allow to reduce operating and labor costs.

Ключевые слова: оптические трансформаторы, шина процесса, шина станции, синхронизация, выключатели-разъединители

Keywords: optical transformers, process bus, station bus, synchronization, disconnecter switches

Введение

Энергетика стремительно развивается, меняется подход к строительству энергообъектов, заменяя устаревшие приборы новыми передовыми технологиями.

Основная часть

От момента запуска в Могилеве цифровой подстанции «Могилев-330» (рисунок 1) до нашего времени прошло уже 110 лет. За это время отрасль энергетики, постоянно развиваясь, шагнула вперед огромными шагами.

В настоящий момент завершается первый пусковой комплекс реконструкции подстанции «Могилев-330», введена основная часть уникальной для Белорусской энергетической системы цифровая подстанция, включающая в себя оборудование ОРУ-330, АТ-1 в режиме 330/110/10 кВ, 1 и 3 секция ОРУ-110кВ и 1 секция ЗРУ-10кВ, щит собственных нужд и два щита постоянного тока. Современные инновационные решения, используемые на данной подстанции, позволят увеличить надежность и долговечность, значительно

сократив использование медных кабельных связей, уменьшить площадь подстанции и снизить эксплуатационные и трудовые затраты.



Рисунок 1 – Подстанция «Могилев-330»

Для современного человека термин «аналоговый» приобрел значение «устаревший». И это, несомненно, звучит обидно и несправедливо по отношению к надёжной, проверенной временем технике. Однако, если речь заходит о повышении точности средств измерения и интеграции их в единую сеть мониторинга и контроля технологических процессов, то имеющаяся аналоговая аппаратура явно уступает перед новейшими технологиями. Одно из решений — применение оптических трансформаторов тока FOCS-FS (рисунок 2) 110кВ и 330 кВ производства «АВВ», работа которых основана на эффекте Фарадея, открытом в одно время с законом электромагнитной индукции, но ожидавшим, когда появятся технологии, способные его эффективно использовать.



Рисунок 2 – FOCS-FS

Данное уникальное оборудование служит для передачи информации о измеренном токе по протоколу IEC 61850-9-2 (SampledValues) с частотой

дискретизации 80 точек/период для микропроцессорных устройств релейной защиты и цифровых счетчиков учета электроэнергии ARISEM-45.

Устройства релейной защиты, управления и противоаварийной автоматики производства «ABB, система АСУ ТП» работают по технологии стандарта IEC 61850 с использованием передовых способов сбора и передачи информации, с применением устройств полевого уровня, оптических трансформаторов тока, а также оптических кабельных связей между устройствами.

Использование протокола IEC 61850-9-2 (SampledValues) неразрывно связано с термином «шина процесса» (от англ. «Processbus»). «Шиной процесса» по IEC 61850-1 называется коммуникационная шина данных, к которой подключены устройства полевого уровня подстанции серии SAM600 (IO, CT, VT, TS) которые преобразуют сигналы от коммутационных аппаратов, измерительных трансформаторов тока и напряжения. В данном случае слово «шина» не следует понимать буквально, речь идёт о целой системе передачи данных между устройствами.

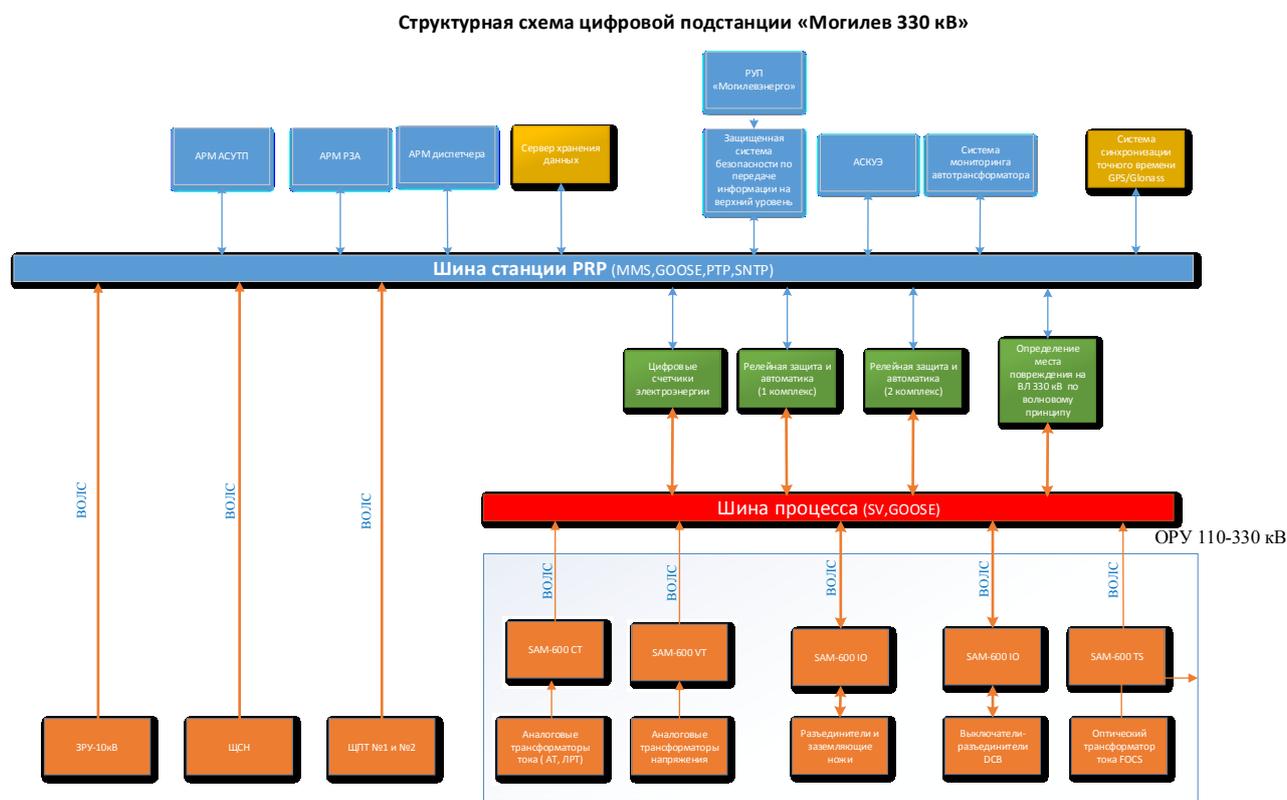


Рисунок 3 – Структурная схема цифровой подстанции «Могилёв 330 кВ»

Таким образом, к «шине процесса» образованной по схеме «дублированная звезда» подключены не только измерительные преобразователи для передачи выборок измерений SampledValues, но также выключатели, разъединители и другое оборудование для передачи GOOSE сообщений. Однако именно передача мгновенных значений от измерительных трансформаторов производит наибольшую нагрузку на информационную сеть «шины процесса».

«Шина станции» (от англ. «Stationbus») представляет собой 3 изолированные сети:

- Ethernet шина верхнего уровня;

- резервируемая Ethernet шина («дублированная звезда») подстанции или шина IEC 61850;

- вспомогательная Ethernet шина подстанции.

В Ethernet шине верхнего уровня подключены все сервера, шлюзы, АРМы и МФУ.

Указанная шина (рисунок 4) формируется с помощью двух коммутаторов с применением технологии резервирования RSTP.

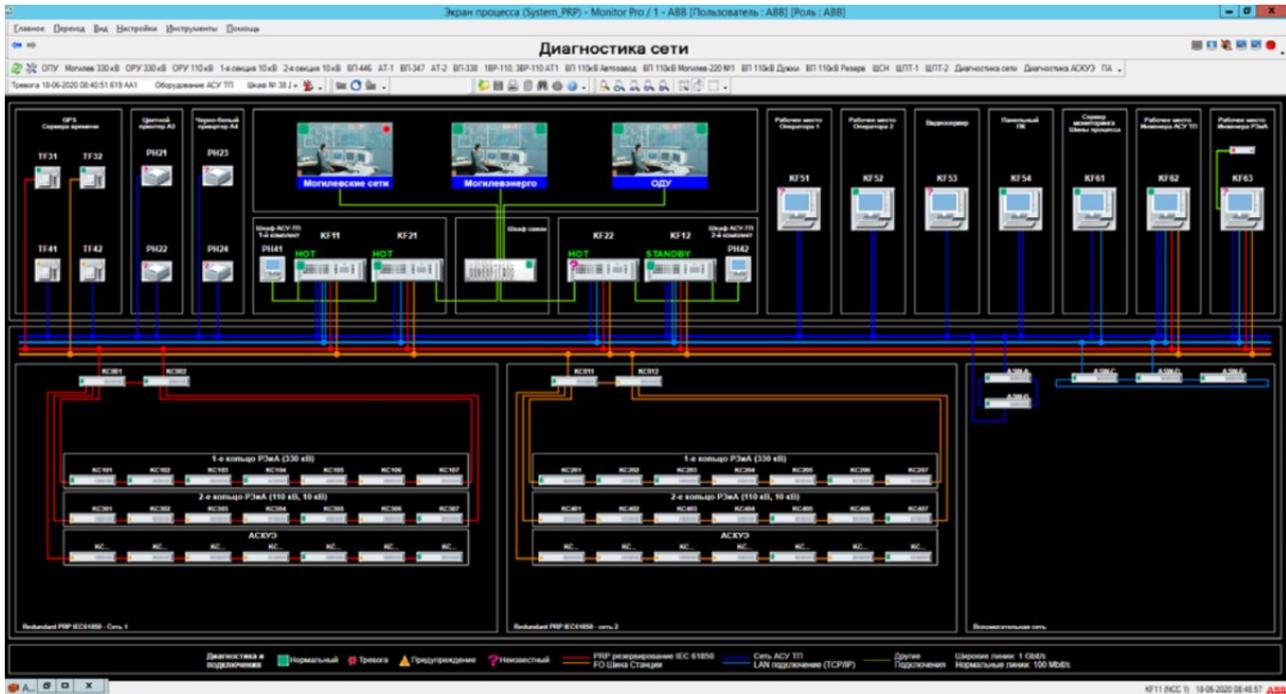


Рисунок 4 – Диагностика сети

В резервируемую Ethernet шину подстанции подключены все устройства релейной защиты и измерения, поддерживающие протокол резервирования PRP, что исключает единую точку отказа, а также все сервера и шлюзы для получения информации АРМ инженера РЗА и АРМ инженера АСУ ТП. Указанная шина состоит из двух независимых локальных сетей (LANA и LANB). Каждая РЗА сеть состоит из двух колец RSTP: кольцо для устройств 330 кВ и кольцо для устройств 110кВ.

Вспомогательная Ethernet шины подстанции (рисунок 5) предназначена для сбора данных с устройств, не поддерживающих протоколы резервирования (ЩПТ-1, ЩПТ-2, ЩСН, мониторинг АТ, устройства ETL).

Контроль, управление и сбор данных на подстанции выполнен на основном и резервном АРМ оперативного персонала на базе «MicroSCADAPro» через основной и резервный сервер АСУ ТП.

Противоаварийная автоматика АСБС 750 кВ выполнена на терминалах УПАСК обменивающимся между собой командами с помощью GOOSE сообщений по Ethernet шине подстанции (LANA и LANB).

Впервые внедрена система волнового ОМП на ВЛ-330кВ на базе устройства ReasonRPV311. Короткие замыкания на линиях электропередачи являются причиной возникновения составляющих переходного процесса,

которые в виде волны с частотой от нескольких килогерц до нескольких мегагерц распространяются вдоль поврежденной линии. Обнаружение места короткого замыкания базируется на точном определении моментов времени, в которые фронты расходящейся волны достигают концов поврежденной линии.



Рисунок 5 – Вспомогательные шины подстанции

Для мониторинга «шины процесса» используется сервер включающий в себя служебное ПО:

-SDM600. Для обеспечения информационной безопасности, считывает из терминалов РЗА осциллограммы и систематизирует их.

- Winbres. Предназначен для просмотра и анализа цифровых осциллограмм, записанных терминалами РЗА, а также определение по ним места повреждения по ЛЭП.

- AFS. Предназначен для мониторинга сети.

-Acronis. Предназначен для резервирования копии АРМов, серверов, шлюзов.

Особо важную роль, в работе всего комплекса оборудования на подстанции играет точная синхронизация времени (рисунок 6).

На подстанции источниками точного времени являются 4 сервера времени MeinbergIMS 3000S. Два устройства используются для синхронизации микропроцессорных устройств на стороне 330кВ и два устройства для синхронизации микропроцессорных устройств на стороне 110 кВ и 10 кВ. Для синхронизации используются протоколы синхронизации часов SNTP, RTP, 1PPS, IRIG-B.

Автотрансформатор АТ-1 получил современную систему мониторинга, включающую в себя контроль газа в масле (HYDROCAL 1005), контроль частичных разрядов вводов 330 кВ, 110кВ и основной изоляции обмоток (Omicron MONTRANO), контроль температуры обмоток с помощью

волоконно-оптических датчиков заложенных в обмотки трансформатора (NortechEasyGrid) с выводом информации на АРМ и последующим сохранением информации в архив.



Рисунок 6 – Синхронизаторы времени

На ПС «Могилев-330» впервые в Белорусской энергосистеме применены выключатели-разъединители (рисунок 7) DCB 110-330 кВ производства «ABB», сочетающие в себе функции и выключателя, и разъединителя, благодаря чему существенно упрощается процесс вывода в ремонт оборудования.

При этом, значительно сократилась площадь ОРУ 330 кВ (в 2,5-3 раза, а площадь РУ 110 кВ – в два раза.)



Рисунок 7 – Выключатель – разъединитель

Цифровая подстанция «Могилев 330» запроектирована РУП «Белэнергосетьпроект»

Расчет уставок сети 330 кВ выполнен специалистами СРЗА ГПО «Белэнерго», по сети 110 кВ и ниже специалистами СРЗА и СРЗЭИ РУП «Могилевэнерго». Специалистами ОАО «Белэлектромонтажналадка», ОАО «АГАТ – системы управления» совместно с специалистами СРЗА и СРЗЭИ

РУП «Могилевэнерго» были выполнены пусконаладочные работы, проведено поэлементное опробование основного оборудования и защит, выполнено комплексное опробование и проверка под нагрузкой смонтированного оборудования всего пускового комплекса.

В данный момент идут работы по монтажу и наладке оборудования второго пускового комплекса включающие в себя установку автотрансформатора АТ-2, монтаж двух секций 110 кВ, второй секции 10 кВ и работы на смежных подстанциях. Реализация второго пускового комплекса завершит полную реконструкцию подстанции в 2021 году.

Заключение

Опыт строительства, наладки и использования данной подстанции, станет импульсом для успешной реализации похожих энергетических решений не только в нашей стране, но и в зарубежных странах мира.

Также, стоит отметить, что за счёт уменьшения площади подстанции, высвобождаются земли, которые, после рекультивации, являются пригодными для использования в других целях. Вопрос об использовании земель могилевской подстанции пока является открытым, но два вектора использования уже намечены: либо земли будут отданы под развитие альтернативной энергетики, либо под нужды города.

Литература:

1. Актуальные проблемы энергетики 2020 : материалы студенческой науч. конф. / Белорус. нац. техн. ун-т ;редкол.: В.В. Саранцев (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – 683 с.
2. Цифровая подстанция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://digitalsubstation.com/blog/2013/08/21/protokol-ie-61850-9-2/>. – Дата доступа: 24.02.2021.
3. Powertechnology[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.power-technology.com/products/montrano/>– Дата доступа: 27.02.2021.
4. Энергетика[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forca.ru/stati/podstancii/vyklyuchatel-razedinitel-dcb.html>– Дата доступа: 27.02.2021.