

SC B5 Protection and Automation
PS 2 User experience and current practice
with IEC 61850 process bus

Опыт внедрения, испытаний и эксплуатации цифровых измерительных трансформаторов, устройств merging unit и устройств РЗА, реализующих шину процесса МЭК 61850 блока генератор-трансформатор Нижегородской ГЭС

Д. А. ЖУКОВ, А. П. МОРОЗОВ
ПАО «РусГидро», Россия
Dmitr.Zhukov@gmail.com

Нижегородская ГЭС, построенная в 1948-1962 гг., является четвертой ступенью Волжско-Камского каскада ГЭС и, с установленной мощностью в 520 МВт, активно участвует в суточном и недельном регулировании графиков электрической нагрузки, регулировании суточного графика уровней напряжения в контрольных пунктах, в оперативном и автоматическом вторичном регулировании частоты и перетоков мощности, в том числе за счёт использования резерва мощности в аварийных ситуациях в ЕЭС России. На ГЭС установлено 8 гидрогенераторов мощностью 65 МВт, 4 из которых работают в блоках с трансформаторами ТДЦ-125000/110/13,8, выдающими мощность в сеть 110 кВ, и 4 в блоках с однофазными четырехобмоточными трансформаторами ЗхОДТ-53333/220/110, выдающими мощность в сеть 110 кВ и 220 кВ.

Создание шины процесса МЭК 61850 блока генератор-трансформатор Нижегородской ГЭС началось в 2015 году, когда блок №6 Нижегородской ГЭС был выбран ПАО «РусГидро» в качестве пилотного объекта для отработки технологии шины процесса согласно требованиям стандарта МЭК 61850. В цепи выключателя 110 кВ силового трансформатора Т-6 были установлены оптические трансформаторы тока и электронные трансформаторы напряжения, на главных выводах и в нейтрали генератора №6 были установлены оптические трансформаторы тока в виде гибкой чувствительной петли, а в качестве цифрового измерительного преобразователя напряжений на главных выводах и в нейтрали генератора был установлен merging unit, подключенный к цепям «звезды» трансформатора напряжения главных выводов и к отпайке дугогасящего реактора нейтрали генератора. Шина процесса МЭК 61850-9.2LE и шина станции МЭК 61850-8.1 были выполнены в виде двух оптических колец, скоростью 1 Гбит/сек, разделенных между собой на логическом уровне с использованием технологии VLAN (Virtual Local Area Network).

В целях проведения испытаний и накопления опыта эксплуатации оборудования с поддержкой МЭК 61850 шина процесса и шина станции были организованы с применением оборудования как российских, так и зарубежных производителей: цифровые ТТ и ТН ЗАО «Профотек»; SCADA NPT Expert, контроллер присоединения NPT BAY, контроллер YCO NPT MicroRTU, устройство SAMU NPT MU ООО «ЭнергопромАвтоматизация»; терминалы РЗА (защита блока) ООО «НПП «ЭКРА»; терминалы РЗА (защита блока и защита генератора) ООО «Релематика» TOP-300; терминал РЗА (защиты трансформатора) ABB RET670; терминал РЗА Alstom Micom P645; счетчик электрической энергии ООО «Прософт-Системы» Aris. Организация временной синхронизации устройств была выполнена на базе сервера точного времени Meinberg M400/PTP и устройства распределения сигналов PPS Meinberg SDU/TTL/FO.

Система единого времени обеспечила точность синхронизации не хуже 1 мс для устройств уровня присоединения и подстанционного уровня с использованием методов математической компенсации времени передачи пакетов в соответствии со стандартом IEEE 1588 Precision Time Protocol (PTP) и стандартом Simple Network Time Protocol 4 (SNTP 4). Для устройств полевого уровня система единого времени обеспечила требуемую точность синхронизации посредством использования выделенной сети синхронизации и передачи сигналов 1PPS (1 pulse per second).

Перед установкой оборудования на ГЭС были проведены заводские испытания цифровых ТТ и ТН, а также устройств управления и защит на испытательных полигонах. Оптические трансформаторы тока и электронные трансформаторы напряжения (МЭК 61850-9.2LE SV80/SV256) прошли заводские испытания по проверке метрологических характеристик, в ходе которых были подтверждены заявленные классы точности. Заводские испытания устройств управления и защит проводились с использованием программно-аппаратного комплекса RTDS (Real Time Digital Simulator) и других программно-аппаратных испытательных комплексов (OMICRON CMC 256 plus, RETOM-61850). Испытания подтвердили работоспособность устройств в различных моделируемых режимах сети при возникновении повреждений. В ходе заводских испытаний было выявлено, что величина времени задержек передачи пакетов характеризует степень загрузки коммуникационного оборудования. Построение шины процесса без использования VLAN приводило к избыточной нагрузке на порты всех устройств, было подтверждено, что GOOSE сообщения и потоки SV не должны находиться в одном VLAN и иметь один и тот же адрес получателя.

Комплексные испытания, проведенные на ГЭС после завершения монтажа оборудования, включали как опробование работы комплекса в различных режимах работы силового оборудования, так и проверки при моделировании неисправностей цифровых устройств. В ходе испытаний были выявлены как проблемы, связанные с работой цифровых измерительных трансформаторов, так и проблемы в работе микропроцессорных устройств защиты и автоматики и устройств локальной вычислительной сети (ЛВС). В ходе испытаний были зафиксированы: шумы в измеряемых токах (как на стороне 13,8 кВ, так и на стороне 110 кВ); шумы периодического характера в напряжениях 110 кВ при опытах холостого хода; выбросы тока нейтрали генератора, а также ложные срабатывания устройств МП РЗА при потере и восстановлении синхронизации электронного блока оптического измерительного трансформатора; кратковременное искажение сигналов тока при отсутствии признаков «плохого» качества сигналов в случае потери питания электронного блока оптического измерительного трансформатора; ложные срабатывания устройств РЗА при эмуляции неисправности сетевого оборудования, связанных с потерей синхронизации РТР, при проведении опытов неисправности вторичных цепей напряжения. В ходе испытаний были особо отмечены проблемы проведения испытательных мероприятий и возможные угрозы информационной безопасности, связанные с возможностью подачи в шину процесса потоков от наладочного оборудования, идентичных по параметрам потокам цифровых трансформаторов.

Анализ результатов комплексных испытаний показал необходимость внесения изменений в состав оборудования, организующего шину процесса и шину станции блока генератор-трансформатор. В 2017 году состав цифровых измерительных трансформаторов был расширен однофазными трансформаторами напряжения и постоянного тока в системе возбуждения, трехфазным трансформатором напряжения переменного тока с резистивным делителем на линейных выводах генератора и однофазным трансформатором напряжения переменного тока в нейтрали генератора.

Выходные сигналы для всех устанавливаемых трансформаторов тока и напряжения – цифровой поток МЭК 61850-9-2LE SV80. Электронные блоки цифровых ТТ и ТН были модернизированы для исключения выявленных при испытаниях шумов и проблем при потере питания. Обновленная в процессе расширения структура ЛВС предусматривает физическое разделение шины процесса и шины станции, сетевые модули электронных блоков измерительных трансформаторов поддерживают работу в ЛВС по протоколу параллельного резервирования PRP. Состав защит блока, реализованных в устройствах РЗА с поддержкой МЭК 61850-9-2LE, был расширен, кроме того, было дополнительно установлено следующее оборудование: система защиты и управления на базе устройств SEL, с функцией merging unit (SEL-401U, SEL-421SV); система автоматизированной защиты и управления электрической подстанцией нового поколения (ПТК АСЗУ iSAS) ООО «ЛИСИС»; комплекс регистрации аналоговых и дискретных величин на базе оборудования ООО «Прософт-Системы»; оборудование комплекса контроля, анализа и учета трафика по протоколу МЭК 61850. Отдельное внимание было уделено вопросам информационной безопасности путем создания комплекса информационной безопасности, обеспечивающего функции мониторинга состояния сетевого оборудования, мониторинга качества трафика в ЛВС и мониторинга сетевой активности (на базе решений Kaspersky Lab и Positive Technologies).

В докладе представлены результаты заводских испытаний, приемочных комплексных испытаний на ГЭС, опытной эксплуатации, которые проводились в период 2015-2017 гг. на действующем оборудовании блока генератор-трансформатор Нижегородской ГЭС. Приведен анализ опыта внедрения, испытаний и эксплуатации цифровых измерительных трансформаторов, устройств merging unit и устройств РЗА, реализующих шину процесса МЭК 61850-9.2 и шину станции МЭК 61850-8.1. Представленные результаты отражают уникальный опыт реализации требований стандарта МЭК 61850 для создания систем управления и защит генерирующего оборудования и могут быть интересны широкому кругу специалистов.