



Опыт эксплуатации цифровых (высокоавтоматизированных) подстанций на объектах ПАО «Транснефть»

06.03.2024 г.

Симонов Игорь Леонидович

На объектах организаций системы «Транснефть» в регионах с различными климатическими условиями были введены в 2018 г. в опытную, а затем в 2021 г. в промышленную эксплуатацию две цифровые подстанции с различными архитектурами (далее – ЦПС):

1. ЦПС 110/6/6 кВ «Десна» в АО «Транснефть – Дружба» – III архитектура (децентрализованная).
2. ЦПС 110/6 кВ «Уват» в АО «Транснефть – Сибирь» – IV архитектура (централизованная).

На цифровых подстанциях применены следующие технические решения:

- ✓ оптические трансформаторы тока и цифровые трансформаторы напряжения со сторон 110 кВ и 6 кВ (основной SV-поток);
- ✓ классические электромагнитные трансформаторы тока и напряжения в совокупности с преобразователями аналоговых сигналов со сторон 110 кВ и 6 кВ (резервный);
- ✓ технологическое видеонаблюдение с автоматической фокусировкой на выбранном для управления коммутационном аппарате;
- ✓ цифровая система коммерческого учета электрической энергии;
- ✓ централизованное интеллектуальное электронное устройство (далее – ЦИЭУ) на ЦПС 110/6 кВ «Уват».



Способ оценки	ЦПС «Уват» (централизованная)	ЦПС «Десна» (децентрализованная)
Особенности архитектур	<ol style="list-style-type: none"> 1. Резервирование и самодиагностика вторичных систем (промышленные коммутаторы, серверы времени, каналы связи). 2. ЦИЭУ основное и резервное дублируют друг друга. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Резервирование и самодиагностика вторичных систем (промышленные коммутаторы, серверы времени, каналы связи, серверы АСУ). 2. Терминалы РЗА не дублируются.
Проверка работоспособности при имитации выхода из строя оборудования и систем ЦПС (испытания)	<p>Имитация выхода из строя (отключение)</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> до 40% промышленных коммутаторов; <input type="checkbox"/> отсутствие глобальной синхронизации; <input type="checkbox"/> одного сервера времени; <input type="checkbox"/> одного SCADA-сервера; <input type="checkbox"/> любого канала связи; <input type="checkbox"/> одного ЦИЭУ. 	<p>Имитация выхода из строя (отключение)</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> до 40% промышленных коммутаторов; <input type="checkbox"/> отсутствие глобальной синхронизации; <input type="checkbox"/> одного сервера времени; <input type="checkbox"/> одного SCADA-сервера; <input type="checkbox"/> любого канала связи.
Опытная и промышленная эксплуатация	<p>Для ЦПС централизованной и децентрализованной архитектурами выявлено и устранено сопоставимое количество замечаний и неисправностей.</p>	

ЦПС с централизованной и децентрализованной архитектурами показали сравнимые параметры надежности работы оборудования вторичных систем.

Действия персонала при выходе из строя одного ЦИЭУ на ЦПС «Уват»:

1. При выходе из строя одного ЦИЭУ подстанция работает в штатном режиме. Персонал РЗА заменяет ЦИЭУ на устройство из ЗИП.
2. Персонал РЗА выполняет проверку защит с поочередным выводом силовых трансформаторов.
3. Неисправное ЦИЭУ направляется на завод-изготовитель для выполнения ремонта. Расчетное время замены ЦИЭУ и проверки устройств РЗА **не более 6 часов без перерыва электроснабжения НПС.**

При предварительной проверке ЦИЭУ из ЗИП и соответствии версий файлов конфигурации возможна «горячая» замена ЦИЭУ (не более 4 часов).

Действия персонала при выходе из строя одновременно двух ЦИЭУ на ЦПС «Уват» (в соответствии с нормами проектирования не проектный режим, для классической ПС и децентрализованной ЦПС резервирование терминалов РЗА не предусмотрено):

1. Оперативный персонал выводит в ремонт первичное оборудование подстанции.
2. Персонал РЗА заменяет основное ЦИЭУ на устройство из ЗИП.
3. Персонал РЗА выполняет проверку защит и после проверки сообщает о готовности подстанции к вводу в работу.
4. Неисправные ЦИЭУ отправляются на завод-изготовитель для выполнения ремонта.

Расчетное время замены ЦИЭУ и проверки устройств РЗА не более 6 часов.



Шкаф основного и резервного ЦИЭУ

«Горячая» замена ЦИЭУ (включение в работу ЦИЭУ без проверки работы защит) возможна при выполнении проверки ЦИЭУ, находящегося в ЗИП, в рамках выполнения ТО.

Наименование архитектуры ЦПС	Достоинства/недостатки различных архитектур	Критерии применения
Централизованная (4-я архитектура)	<p>+ полная диагностируемость и резервируемость оборудования (включая РЗА); возможность масштабирования надежности; меньшее количество шкафов и кабельной продукции (относительно децентрализованной).</p> <p>- отсутствие нормативной документации, выпускается в единичных экземплярах 2-мя производителями; один производитель цифровых трансформаторов тока; высокая стоимость (относительно классической).</p>	<p>1. Появление на рынке РФ 2-х и более производителей цифровых трансформаторов тока и напряжения.</p>
Децентрализованная (3-я архитектура)	<p>+ полная диагностируемость и резервируемость оборудования; наличие НД; производится серийно различными производителями; оборудование различных производителей взаимозаменяемо.</p> <p>- один производитель цифровых трансформаторов тока; не резервируются (дублируются) терминалы РЗА присоединений, высокая стоимость (относительно классической).</p>	<p>2. Для подстанций с небольшим количеством присоединений (менее 7) применяется централизованная архитектура.</p> <p>3. Для подстанций с большим количеством присоединений (7 и более) применяется децентрализованная арх-ра.</p>
Децентрализованная классическими измерительными цепями (2-я архитектура)	<p>+ полная диагностируемость и резервируемость оборудования оперативных цепей и оборудования АСУ; наличие НД; производится серийно различными производителями; оборудование различных производителей взаимозаменяемо; понятные для обслуживания классические измерительные цепи; стоимость реализации сравнима со стоимостью классической подстанции с АСУ ПС (выше на 15 - 30%).</p> <p>- Не резервируемые и не самодиагностируемые измерительные цепи (цепи трансформаторов тока и напряжения).</p>	<p>Возможно применение при новом строительстве, комплексной реконструкции или техническом перевооружении ПС.</p>

1. Цифровые подстанции имеют преимущества перед классическими в части наблюдаемости, диагностируемости, резервируемости вторичных систем и могут быть элементом цифровой инфраструктуры предприятия.
2. Надежность работы централизованной и децентрализованной архитектур сопоставимы.
3. Опыт эксплуатации ЦПС централизованной архитектуры показал преимущества перед децентрализованной архитектурой для небольших подстанций (схемы 4Н, 5Н) систем электроснабжения предприятий.
4. Для уверенного применения цифровых подстанций на объектах электросетевого комплекса и систем электроснабжения предприятий требуется решение следующих задач:
 - повышение надежности оборудования (например, цифровых трансформаторов тока и напряжения, серверов времени, SCADA-систем);
 - разработка конструкций позволяющих выполнение модульной «горячей» замены устройств (без необходимости вывода в ремонт первичного оборудования);
 - разработка заводами-изготовителями подробных методик проверки оборудования, инструкций по монтажу, наладке и ремонту в условиях эксплуатации;
 - подготовка эксплуатационного персонала.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Опыт эксплуатации цифровых (высокоавтоматизированных)
подстанций на объектах ПАО «Транснефть»

06.03.24 г.
Симонов Игорь Леонидович