

Многофункциональный тестер информационных каналов данных для ЦПС PNS630

Принятая ПАО «Россети» концепция «Цифровая трансформация 2030» открыла путь широкому внедрению цифровых технологий в электроэнергетике, строительству цифровых подстанций (ЦПС) и выпуску интеллектуальных электронных устройств (ИЭУ). Опыт работы с многофункциональным тестером PNS630, подтверждает его большой потенциал и широкие возможности применения при разработке ИЭУ, эксплуатации и наладке ЦПС.

Авторы:

Панащатенко А.В.,
Яблоков А.А.,
Шамис М.А.,
Иванов Ф.А.

Информационное взаимодействие ИЭУ осуществляется в соответствии с международным стандартом IEC 61850 и включает следующие возможности цифрового информационного обмена:

- передача мгновенных значений тока и напряжения;
- обмен дискретной информацией между ИЭУ;
- передача сигналов телемеханики для АСУ ТП;
- использование информационных (виртуальных) моделей ИЭУ.

Внедрение ЦПС обуславливает переход к использованию общих цифровых каналов связи и пакетной передаче данных по ним. Для обслуживания ЦПС требуются специализированные проверочные устройства, работающие на современных принципах. Вследствие отсутствия мощных источников аналоговых сигналов тока и напряжения, эти устройства стали гораздо меньше, легче и удобнее в применении. Одним из таких устройств является изображенный на рис. 1 многофункциональный тестер PNS630 производства PONOVO Power Co., Ltd. (Китай).



Рис. 1. Многофункциональный тестер PNS630



Рис. 2. Внешние интерфейсы PNS630

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕСТЕР PNS630

С лицевой стороны тестера PNS630 располагается большой 7-дюймовый сенсорный дисплей и ряд функциональных кнопок. Управление тестером возможно касанием к дисплею или при помощи кнопок. Такая возможность двойного управления удобна при работе в перчатках, которые требуется снимать лишь в некоторых режимах, например, при вводе алфавитно-цифровой информации посредством экранной клавиатуры.

С верхней стороны устройства расположены 4 основных коммуникационных порта, используемых для подключения к информационным сетям ЦПС. Они выполнены в виде сменных модулей SFP, что позволяет подключаться к оптическим (LC) или медным (RJ45) каналам связи Ethernet со скоростью 100 Мбит/с. Через эти порты осуществляется прием и передача потоков Sampled Values (SV), сообщений GOOSE и меток синхронизации времени PTP (IEEE 1588). Кроме этого, имеются четыре оптических разъема типа ST, два из которых – предназначены для приема и два для передачи данных.

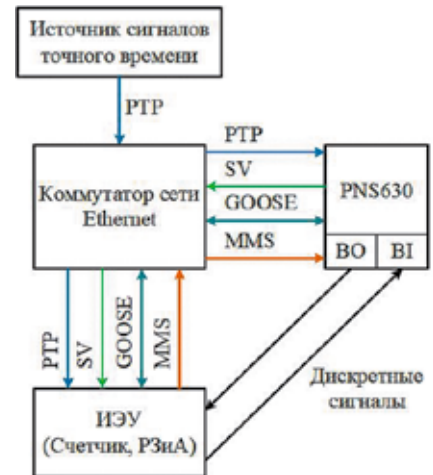


Рис. 3. Фотография установки и схема подключений при испытаниях двух устройств РЗА и счетчика электрической энергии

Указанные порты используются для связи по протоколу IEC 60044-7/8, а также для синхронизации по протоколу IRIG-B и приема сигналов PPS. Все информационные порты снабжены световой индикацией приема-передачи. Кроме цифровых портов имеются разъемы ввода и вывода дискретных сигналов типа «сухой контакт» и «контакт под потенциалом».

С левой стороны тестера PNS630 расположен разъем для подключения зарядного устройства и разъемы Ethernet-порта RJ-45, micro-USB и карты памяти MicroSD, которые защищены резиновой заглушкой от попадания влаги и пыли. Разъем RJ-45 используется при подключении к MMS-серверу ИЭУ. Через разъем micro-USB можно подключить тестер к ПК для работы с картой памяти, на которой сохраняются файлы захвата сетевого трафика, а также SCL-файлы конфигурации ЦПС и отдельных ИЭУ.

Многофункциональный тестер PNS630 имеет размеры 190×210×64 мм и вес 1,35 кг, а встроенный аккумулятор обеспечивает его автономное питание в течение рабочего дня.

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕСТЕРА PNS630

Тестер PNS630 может использоваться для следующих работ на ЦПС:

- проверка правильности функционирования оборудования ЦПС в соответствии

с загруженными в них файлами конфигурации;

- испытания РЗА при подаче тестовых сигналов и измерение времени срабатывания защит;
- проверка источников точного времени;
- анализ текущей работы шины процесса и шины подстанции, в том числе в режиме «штормовых испытаний»;
- мониторинг мгновенных и действующих величин, параметров качества электрической энергии, передаваемой мощности;
- диагностика волоконно-оптических линий связи.

При работе на ЦПС первоначально в окне параметров необходимо вручную или из SCL-файла конфигурации всей ЦПС или отдельного ИЭУ задать правила информационного взаимодействия PNS630 с оборудованием ЦПС. Для этого выбираются требуемые информационные SV-потоки и GOOSE-сообщения из списка доступных в загруженном SCL-файле (SCD, CID, ICD). Следует отметить, что возможность применения на тестере готовой конфигурации существенно ускоряет работу и исключает появление рутинных ошибок, характерных для ручного ввода параметров конфигурации оборудования.

Тестер PNS630 имеет 14 программных приложений. Запуск приложения осу-

ществляется также, как на смартфоне, путем выбора значка в главном меню. Прилагаемая к тестеру библиотека приложений обеспечивает следующие функциональные возможности:

- выдача SV-потоков с настраиваемыми параметрами и в соответствии с профилем IEC 61850-9-2 LE, IEC 61869-9, либо с корпоративным профилем ПАО «ФСК ЕЭС»;
- прием SV-потоков и визуализацию мгновенных значений в виде численных действующих значений, осциллограммы, векторной диаграммы, частотного спектра, электрической мощности;
- выдача дискретных сигналов в виде GOOSE-сообщений с заданием требуемых параметров и логических состояний;
- прием GOOSE-сообщений и отображение значений и логических состояний дискретных сигналов;
- прием MMS-отчетов и данных опроса MMS-серверов ИЭУ;
- сбор статистики по принимаемым кадрам: неравномерность следования кадров, определение количества пропущенных кадров, кадров с нарушением последовательности, кадров с ненормальной меткой качества, и др.
- проведение испытаний ИЭУ при скачкообразном изменении значения в SV-потоке или GOOSE-сообщении инициируемое по команде пользователя,



Рис. 4. Настройки раздела «Quick Test»

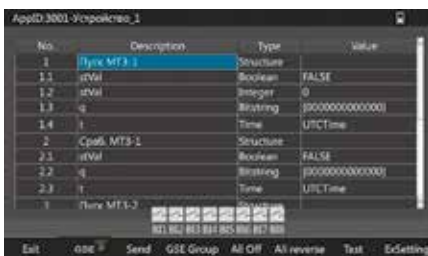


Рис. 5. Установка для испытаний ПАС и цифрового трансформатора

таймеру или по изменению состояния дискретного входа или параметра в GOOSE-сообщении;

- измерение мощности принимаемого оптического сигнала и диагностика состояния оптоволоконной линии связи;
- измерение информационного трафика и нагрузки на ЛВС по категориям: SV, GOOSE, PTP;
- формирование «информационного шторма» в виде SV-потоков и GOOSE-сообщений при испытаниях работоспособности ЦПС при разных степенях загрузки ЛВС, вплоть до 100% пропускной способности;
- синхронизация с источниками точного времени по PTP (IEEE1588) и IRIG-B;
- запись трафика ЛВС в файлы формата «.рсар» и возможность просмотра каждого принятого пакета на дисплее.

Тестер PNS630 имеет англоязычный дружественный интерфейс, который не вызывает затруднений у пользователей, имеющих опыт настройки ЦПС и работы с оборудованием, поддерживающим протокол IEC 61850, термины которого привычно видеть на английском языке.

ИСПЫТАНИЯ УСТРОЙСТВ РЗА И СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

При испытаниях устройств РЗА или счетчиков электрической энергии (рис. 3), работающих по протоколу IEC 61850, тестер PNS630 имитирует сигналы тока и напряжения от преобразователей аналоговых сигналов (ПАС) или

цифрового трансформатора и представляет широкие возможности для настройки выдаваемых SV-потоков:

- настройка наборов данных в соответствии с утвержденными международными стандартами (IEC 61850-9-2LE, IEC 61869-9 и пр.), а также возможность задания пользовательского набора данных, что важно при разработке новых ИЭУ и их проверке на соответствие корпоративному профилю ПАО «ФСК ЕЭС»;
- выбор редакции стандарта IEC 61850 для выдаваемого SV-потока;
- гибкая настройка коммуникационных параметров (идентификаторы SV-потока – «SVID», физические адреса отправителей и получателей сигналов «MAC-адреса», идентификаторы виртуальных ЛВС «VLAN», заданное качество сервиса «QoS» и др.);
- установка битов качества и синхронизации, работа в режим тестирования.

Публикация GOOSE-сообщений задается схожим образом и обеспечивает гибкую настройку параметров: коммуникационных, состояния битов качества, количества передаваемых дискретных сигналов, значений времен минимального (T1) и максимального (T0) интервала следования GOOSE-сообщений и др.

Тестер PNS630 имеет 8 внутренних виртуальных дискретных каналов, которые привязываются к требуемым битам состояний принимаемых GOOSE-сообщений. Далее при работе с тестером используются ссылки на эти виртуальные каналы, что позволяет проводить испытания РЗА, измерять времена срабатывания и переключать режимы испытаний в автоматическом режиме по заранее разработанному сценарию.

За состоянием данных в принимаемых GOOSE-сообщениях можно наблюдать в реальном времени, а сами принимаемые пакеты исследовать подробно по следующим атрибутам: идентификаторы GOOSE-сообщений «GOID», иденти-

фикаторы приложения «APPID», физические адреса – «Source MAC», включая и 16-ричный формат. Кроме этого, ведется подсчет статистики принимаемых пакетов GOOSE-сообщений: общее количество принятых пакетов, количество изменений состояний, количество последних изменения состояния дискретных сигналов, количество потерянных и повторяющихся пакетов, несинхронизированных сообщений или сообщений в режиме теста.

При испытаниях устройств РЗА или счетчиков электрической энергии использовалась функция быстрого тестирования «Quick Test», в которой можно задавать значения тока и напряжения по модулю, фазе и частоте в SV-потоке. В этом режиме проверяются корректность срабатывания РЗА при заданных уставках и правильность функционирования его логических алгоритмов. Пример задания параметров непрерывных и дискретных сигналов в указанном режиме приведен на рис. 4.

В режиме «Quick Test» было измерено время срабатывания от момента изменения сигналов в SV-потоке, соответствующее аварийному режиму, до момента изменения дискретного состояния в GOOSE-сообщении, а также до момента аналогичного изменения физического дискретного сигнала с РЗА. Также были измерены задержки в РЗА при преобразовании GOOSE-сообщения в физический дискретный сигнал и наоборот.

Описанные режимы измерений востребованы при наладке ИЭУ ЦПС, и в первую очередь, преобразователей дискретных сигналов (ПДС). Для проведения более сложных испытаний можно воспользоваться режимом «Sequence», который позволяет проводить испытания с поочередным воспроизведением режимов с разными выходными параметрами (значения тока и напряжения, состояния дискретных выходов). Как уже было отмечено ранее, переключение между режимами может осуществляться по команде оператора либо после заданной выдержки времени или наступлению заданного момента времени, а также по внешнему триггеру, задаваемому входным дискретным контактом или состоянием соответствующего дискретного сигнала в принимаемом GOOSE-сообщении. Так, при

помощи указанного функционала можно моделировать работу АПВ, защит с ускорением и т.п.

Для проверки работы с системами верхнего уровня АСУ ТП, прибор PNS630 может использоваться в режиме клиента MMS-сервера ИЭУ ЦПС. В указанном режиме принимаются MMS-сообщения, передаваемые ИЭУ, и можно считать информационную модель с подключенного устройства.

ИСПЫТАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ПАС

К преимуществам тестера PNS630 относится возможность проведения испытаний полевых устройств ЦПС, таких как ПАС и цифровые измерительные трансформаторы, что позволяет проводить измерения выдаваемых ими сигналов и делать качественную оценку работы по принимаемому от них сигналу.

Схема и фотография испытательной установки электронного блока цифрового трансформатора и ПАС изображены на рис. 5.

При проверке ПАС и электронного блока цифрового трансформатора выполнялся анализ качества формируемого ими SV-потока. Оператор при помощи тестера PNS630 определяет все присутствующие в ЛВС SV-потоки и может выбрать один из них для анализа в реальном времени. При этом в окне статистики отображается информация по количеству принятых пакетов SV-потока и гистограмма интервала времени между пакетами. Примеры отображения представлены на рис. 6.

Указанная функция анализа SV пакетов используется при поиске причин потери SV пакетов на элементах ЛВС между издателем и подписчиком SV-потока. Последовательное подключение тестера к разным участкам ЛВС позволяет количественно и качественно измерить параметры принимаемого SV-потока и очень полезно при наладке и эксплуатации оборудования ЦПС.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ЦПС

Возможность общей проверки ЛВС тестером PNS630 является одной из его важных функций, которая включает четыре режима работы. Первый режим проверки позволяет измерять сетевой



а)



б)

Рис. 6. Гистограмма интервала времени между пакетами SV-потока цифрового трансформатора (а) и ПАС (б)

Package Type	Message Number	Flow(kB/s)	Percent
SMV	2617723	3026	24%
GOOSE	0	0	0%
ISMR	269	0	0%
Other	62	0	0%
Total	2617723	3026	24%

Рис. 7. Окно измерения информационной нагрузки ЛВС

Port	Real value(dBm)	Average value(dBm)	Min. value(dBm)	Max. value(dBm)
OSP1	-27.9568	-32.7423	-23.0103	-27.9568
OSP2	-32.2185	-24.3619	-32.2185	-32.2185
OSP3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
OSP4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
OSP5				
OSP2				

Рис. 8. Окно измерения мощности оптического сигнала

трафик в каналах ЛВС и выполнять подсчет статистики по типам принимаемых информационных пакетов. На рис. 7 приведен пример окна PNS630 в указанном режиме.

Второй режим позволяет выполнять захват всего трафика ЛВС и записывать его в файл формата «.pcap». Данный режим позволяет записать реальный трафик оборудования в интересующий период работы ЦПС, а затем его можно будет проанализировать и воспроизвести, например, для проверки совместимости ИЭУ между собой.

Третий режим позволяет выполнять измерение мощности принимаемого оптического сигнала и определять уровень затуханий в оптоволоконной линии связи (рис. 8). Такую проверку лучше производить в начале диагностики ЦПС, что может существенно сэкономить время на поиск и выявление причин потери передаваемых данных и не следовать возможным ложным путем поиска ошибок в конфигурационных параметрах ЦПС. На указанном рисунке видно, что показатели затухания у первого оптического кабеля больше чем у второго, что позволяет диагностировать техническое состояние кабеля и выявлять его повреждения.

В четвертом режиме тестер PNS630 позволяет проводить проверку ЛВС в режиме повышенной информационной нагрузки – «информационного штор-

ма», в котором формируется дополнительный трафик из SV-потока и GOOSE-сообщений. Дополнительный трафик соединяется с основным трафиком ЦПС, содержащим полезную информацию. Дополнительный трафик может варьироваться с шагом 10 % в диапазоне от 0 до 100 % от пропускной способности порта PNS630. Посредством указанного режима проверяется устойчивость и работоспособность ИЭУ ЦПС в аварийных режимах, когда объем передаваемой по ЛВС информации лавинообразно нарастает.

ВЫВОДЫ

Опыт работы с многофункциональным тестером PNS630 подтверждает его большой потенциал и широкие возможности применения при разработке ИЭУ, эксплуатации и наладке ЦПС. Позволяя выполнить подавляющее большинство требуемых видов проверок вторичных ИЭУ и ЛВС ЦПС, тестер PNS630 характеризуется высокой мобильностью, малым весом и умеренной ценой.