

## ТЕХНОЛОГИЯ "НЕЙРОН-ТМ" КАК ОСНОВА НИЖНЕГО УРОВНЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕХАНИКИ, МОНИТОРИНГА И ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ

*Обоснована актуальность пересмотра архитектуры измерительных преобразователей для вторичных цепей переменного тока. Рассмотрены особенности и преимущества технологии "Нейрон-ТМ" в сравнении с существующими принципами построения нижнего уровня систем автоматизации электроэнергетических объектов. Под нижним уровнем здесь понимается комплекс устройств связи с объектом (УСО), предназначенных для работы во вторичных цепях трансформаторов тока (ТТ) и трансформаторов напряжения (ТН), а также надстроенный над УСО уровень цифровой обработки сигналов и информационного взаимодействия с верхними уровнями системы автоматизации.*

Параметры режимов электрооборудования, получаемые по результатам измерений во вторичных цепях ТТ и ТН, составляют основу входной информации для ряда систем автоматизации в электроэнергетике. Достоверность и своевременность этих параметров являются одними из базовых факторов, определяющих качество и надежность функционирования системы автоматизации в целом. Функции измерения и вычисления параметров режимов возлагаются на элементы самого нижнего уровня – измерительные преобразователи.

Существующие в настоящее время принципы построения измерительных преобразователей наглядно демонстрируют функциональное и технологическое отставание от элементов верхнего уровня систем автоматизации. Этот факт обусловлен конструктивными сложностями согласования сигналов от вторичных цепей с маломощными цепями микроэлектронных устройств при соблюдении требований ПУЭ (Правила устройства электроустановок), необходимости обеспечения высокой линейности в широком динамическом диапазоне сигналов и поканальной гальванической развязки. Конструктивные сложности приводят к снижению количества вводимых в одно устройство сигналов, что, в свою очередь, накладывает принципиальные ограничения на его функциональную полноту. Локализация измерительных каналов приводит к необходимости прокладки протяженных контрольных кабелей, размножению вторичных цепей и увеличению объема промежуточного коммутационного оборудования, а это снижает надежность вторичных цепей и точность измерений за счет увеличения нагрузки на ТТ и ТН. Указанные недостатки характерны для самых современных систем, реализующих прямой ввод сигналов от вторичных цепей.

Проведенный нами анализ вариантов исполнения измерительных преобразователей и имеющийся опыт построения систем с прямым вводом позволили пересмотреть принципы построения нижнего уровня систем автоматизации, использующих параметры от вторичных цепей ТТ и ТН.

В качестве приоритетных целей создания системы измерительных преобразователей были приняты:

- высокие точностные характеристики в широком диапазоне изменения входных параметров;
- возможность построения распределенной системы, работающей в режиме реального времени;
- обеспечение функциональной полноты, гибкости и расширяемости;
- сокращение номенклатуры коммутационного оборудования и минимизация нагрузок на первичные

ТТ и ТН;

- полное удовлетворение требованиям ПУЭ;
- соответствие требованиям к обеспечению прямого ввода;
- удобство эксплуатации и высокая аппаратная надежность.

Результатом комплекса работ, проведенных в данном направлении компанией "Модульные Системы Торнадо", стало создание набора программно-аппаратных средств, выделившихся в самостоятельную уникальную технологию "НЕЙРОН-ТМ". Базовый принцип "НЕЙРОН-ТМ" – перенос взаимосвязей входных сигналов из физической области в информационную и пространственное расширение

информационной области за счет скоростных каналов цифровой связи. Такой подход позволяет минимизировать протяженность аналоговых трактов измерительных каналов, обеспечить максимальную гибкость взаимосвязей между каналами и рассредоточить точки подключения к вторичным цепям.

Линейка оборудования, выполненного по технологии "НЕЙРОН-ТМ", включает отдельные четырехканальные датчики тока "НЕЙРОН-ТТ", датчики напряжения "НЕЙРОН-ТН" (рис. 1) и модуль цифровой обработки данных. Заложённые технические решения основаны на использовании самой современной элементной базы и методов цифровой обработки сигналов.

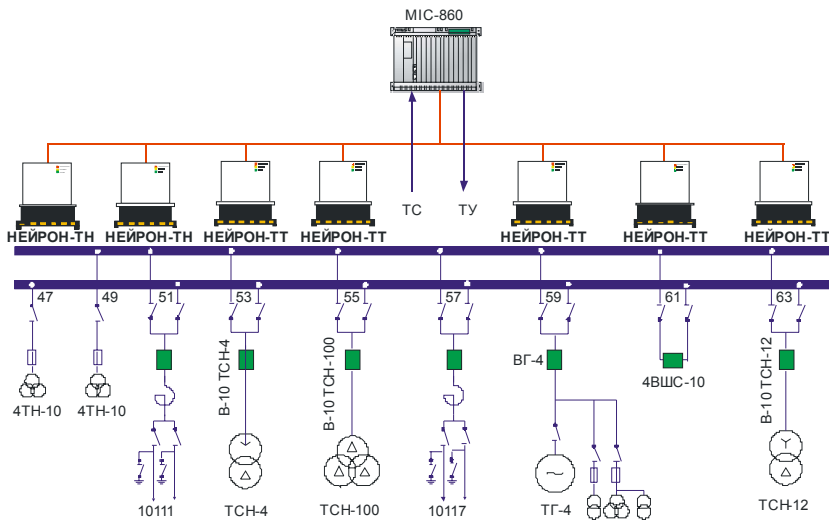
Структура подсистемы измерительных преобразователей, основанной на технологии "НЕЙРОН-ТМ", представлена на рис. 2. Датчики тока и напряжения взаимодействуют с модулем цифровой обработки через высокоскоростные последовательные интерфейсы протяженностью до 200 м, выполненные в стандарте RS-485 (Line 0 и Line 1). К каждому интерфейсу можно подключить до 5 датчиков при частоте дискретизации 4 кГц или до 10 датчиков при частоте дискретизации 2 кГц, обеспечивающих синхронное выполнение замеров мгновенных значений входных сигналов (приведение замеров по всем каналам к одному моменту времени), приведение результатов замеров к физическим величинам и их передачу на модуль цифровой обработки.



Модуль цифровой обработки выполнен на базе сигнального процессора, реализующего алгоритмы определения расчетных параметров. Взаимодействие модуля цифровой обработки с элементами верхнего уровня системы осуществляется посредством стандартной шины *ModPack*, которая обеспечивает получение мгновенных значений сигналов и всех расчетных параметров в реальном времени.

Примененная структура дает возможность реализовать пространственно распределенное УСО, в котором измерительные преобразователи располагаются в местах пролегания цепей от ТТ и ТН. В результате исключается необходимость прокладки дополнительных контрольных кабелей и сокращается их длина, снижается нагрузка на ТТ и, соответственно, погрешность. Кроме того, снимаются конструктивные сложности, связанные с необходимостью ввода большого количества вторичных цепей в локальную область.

Датчики тока и напряжения конструктивно выполнены в



виде блоков со стандартным электротехническим разъемом БИ-6М (рис.1). Они подключаются непосредственно к вторичным цепям измерительных или релейных ТТ и ТН. Применение разъема БИ-6М дает возможность оперативно заменять датчики с соблюдением правил коммутации цепей тока и напряжения без использования дополнительного коммутационного оборудования. Таким образом, за счет уменьшения объема коммутационного оборудования в токовых цепях снижается нагрузка на ТТ и исключается возможность разрыва токовых цепей вследствие ошибок, обусловленных человеческим фактором. Простота процедуры замены датчика и предусмотренная возможность «горячей замены» (без отключения напряжения питания и входных цепей) существенно сокращают время восстановления и повышают коэффициент готовности оборудования.

Датчики "НЕЙРОН-ТТ" предназначены для работы в цепях с номинальным током 1 или 5 А и обеспечивают прямой ввод трех фаз токов и тока нулевого провода. Линейность измерения сохраняется при кратности тока до 40, что стало возможным благодаря технологии "DUALSCAN" (использование нескольких АЦП для различных кратностей перегрузки по току).

Датчик "НЕЙРОН-ТН" предназначен для работы в цепях с номинальным напряжением 100 или 380 В и обеспечивает прямой ввод фазных (линейных) напряжений и утроенного напряжения нулевой последовательности. Выбор номинального диапазона производится программными средствами.

Класс точности датчиков тока и напряжения в диапазоне входных сигналов от 1 до 120 % не хуже 0.2S. Для датчика "НЕЙРОН-ТТ" в режиме перегрузки обеспечивается класс точности не хуже 0.5 при кратностях входного тока до 40. Типовое значение частоты дискретизации 4 или 2 кГц. Диапазон частот входных сигналов 40 ... 60 Гц. Электрическая прочность изоляции в каждом измерительном канале не менее 5 кВ.

По результатам измерения мгновенных значений сигналов модулем цифровой обработки формируются следующие расчетные параметры:

- действующие значения входных сигналов;
- мгновенные и действующие значения симметричных составляющих;
- значения активной и реактивной мощности с учетом знака и высших гармонических составляющих (вычисление реактивной мощности основано на использовании аппроксимации преобразования Гильберта БИХ-фильтром);
- показатели качества электроэнергии (при частоте дискретизации 4 кГц);
- частота по выбранным каналам.

При расчете мощности данные, получаемые от одного "НЕЙРОН-ТН", могут использоваться совместно с данными от нескольких "НЕЙРОН-ТТ". За счет этого в случаях, когда несколько присоединений запитываются от одного источника напряжения (например, секция сборных шин), исключается необходимость размножения цепей напряжения и снижается требуемое количество датчиков. Соответственно, снижается нагрузка на ТН, повышается надежность вторичных цепей и упрощается система в целом.

Один контроллер телемеханики, построенный на основе технологии "НЕЙРОН-ТМ", может получать информацию со 100 присоединений, а контроллер регистратора аварийных событий собирать осциллограммы с 60 аналоговыми параметрами.

Технология "НЕЙРОН-ТМ" является принципиально новой основой для создания контроллеров нижнего уровня систем телемеханики и АСУТП. Распределенная архитектура датчиков прямого ввода, встроенный БИ-6М, единая аппаратная платформа для телемеханики, регистраторов аварийных событий, противоаварийной автоматики, реализация функций оперативной блокировки разъединителей на контроллере – все это технология "НЕЙРОН-ТМ" для ПТК АСУТП электрических станций и подстанций.

*Олег Викторович Сердюков – канд. техн. наук, руководитель ИЦ 6 ИАиЭ СО РАН,  
Сергей Александрович Кулагин, науч. сотр. ИЦ 6 ИАиЭ СО РАН,  
Роман Владимирович Нестуля – канд. физ.-мат. наук, ведущ. инж.-электроник ИЦ 6 ИАиЭ СО РАН,  
Александр Иванович Тимошин – науч. сотр. ИЦ 6 ИАиЭ СО РАН,  
Георгий Эрьевич Торопов – ведущ. инженер ЗАО "Модульные Системы Торнадо".*

Контактные телефоны: (383) 330-20-39, 339-93-52  
[Http://www.tornado.nsk.ru](http://www.tornado.nsk.ru)