



PS5 – Poster-11



Развитие возможностей устройств векторных измерений и комплексов SMART-WAMS

П.Н. КАЗАКОВ

ЗАО «РТСофт»

Россия

kazakov@rtsoft.msk.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

PMU, WAMS, Система Мониторинга Переходных Режимов, синхронные векторные измерения.

1 ВВЕДЕНИЕ

Технология распределенных векторных измерений (английское название WAMS – Wide Area Measurement System) является новым направлением развития систем контроля и управления в электроэнергетике. Главными элементами WAMS системы являются специальные измерительные устройства – PMU (Phasor Measurement Unit), способные измерять параметры электрической сети с точной привязкой к астрономическому времени. Внедрение данной технологии стало возможным благодаря широкому распространению систем спутниковой навигации GPS и ГЛОНАСС. Спутниковые приемники позволяют синхронизовать внутренние часы измерительного устройства с точностью около 300 наносекунд. Высокая точность синхронизации дает возможность не только проводить синхронные измерения параметров в различных точках распределенной системы, какой является ЕЭС, но и непосредственно измерять углы фаз напряжений и токов, привязанных к единому времени. Знание амплитуды и фазы напряжений и токов, выполненных в один момент времени в различных точках сети, дает качественно новый уровень знаний о свойствах энергосистемы и происходящих в ней процессах.

Основой Системы Мониторинга Переходных Режимов (СМПР), Российской WAMS системы, является программно-технический комплекс SMART-WAMS, разработанный компанией РТСофт совместно с Институтом энергетических систем по заказу Системного Оператора. В настоящей работе обобщается шестилетний опыт эксплуатации и модернизации ПТК SMART-WAMS, а также обсуждаются возможные направления дальнейшего развития данной технологии.

2 РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА SMART-WAMS

Программно-технический комплекс SMART-WAMS (Рисунок 1) разрабатывался в 2004 - 2005 годах в соответствии с техническими требованиями Системного Оператора и требованиями международного стандарта С37.118-2005[1]. Функцию измерений в комплексе выполняют PMU МИП-02 компании РТСофт, в которых предусмотрена возможность синхронизации от спутниковых приемников системы ГЛОНАСС и GPS. Эксперименты, проведенные на стендах компании РТСофт показали, что в пределах точности измерений МИП-02 (0,1 градуса) значения углов фаз, а значит и точность синхронизации, у приемников ГЛОНАСС и GPS практически совпадают.



Рис. 1: Внешний вид комплекса SMART-WAMS

В период разработки комплекса SMART-WAMS была проведена серия сравнительных испытаний МИП-02 и ряда PMU от ведущих зарубежных компаний на электродинамической модели НИИПТ [2], [3]. Испытания позволили существенно улучшить характеристики устройства и устранить выявленные недостатки.

На начальном этапе внедрения комплексов одной из проблем было отсутствие на удаленных объектах быстрых каналов связи. Основным средством передачи информации на верхний уровень был модем. В связи с этим особое внимание было уделено возможности автономной работы комплекса и записи локальных архивов. Сбор данных от PMU в SMART-WAMS осуществляет промышленный компьютер, который имеет два порта Ethernet. Один порт предназначен для приема данных от PMU, второй – для связи с верхним уровнем системы сбора данных. Для операционной системы, прикладного ПО и архивов используется флэш-диск емкостью 4 Гб на базе карты Compact Flash II. Архивы записываются двух видов – циклические и аварийные. Общее число регистрируемых параметров в комплексе – более 30-и. Для каждого

типа архивов возможен свой набор, который задается при конфигурировании. При ограниченном объеме диска, увеличение числа записываемых параметров приводит к сокращению длительности архивов. В стандартной конфигурации регистрируются полная активная и реактивная мощности, амплитуда, частота фазы А и угол фазы А, привязанный к импульсу PPS (Pulse per Second) от спутникового приемника.

Критериями записи 20-и минутного аварийного архива (стандартно две минуты до события и 18 минут после события) является отклонение напряжения от номинала или скорость изменения частоты сети. От каждого РМУ записывается 50 аварийных архивов. При появлении нового аварийного архива, самая старая запись уничтожается. При 4-х РМУ, входящих в состав комплекса, и объеме флэш-диска 4 Гб длительность непрерывных циклических архивов составляет 5 суток. Передача архивов от сервера на верхний уровень осуществляется по протоколу FTP.

Практика показала невысокую эффективность аварийных архивов вследствие неоднородного характера колебаний в сети. При низких значениях порогов длительность хранения аварийных записей была небольшой. При высоких значениях, РМУ не “чувствует” удаленных аварий. Длительность хранения циклических архивов также была в некоторых случаях недостаточна. Потребовались меры для существенного увеличения продолжительности записи архивов.

Увеличение объема диска путем замены флэш-карты приводило к значительному замедлению в работе компьютера, что сказывалось на надежности его работы. Выход был найден в одновременном использовании флэш-диска и недорогого жесткого диска большой емкости. В новом исполнении комплекс полностью сохранил свою функциональность, обеспечивая высоконадежную запись циклических и аварийных архивов на карту Compact Flash II. При этом циклический архив с длительностью до нескольких месяцев (в зависимости от числа РМУ и набора регистрируемых параметров) дублируется на жестком диске. Такое техническое решение существенно увеличило эффективность комплекса и повысило надежность его работы.

Следующим направлением развития комплекса SMART-WAMS были коммуникационные возможности РМУ и сервера сбора данных. Основные технические решения при проектировании комплекса были заложены еще до принятия стандарта С37.118. Передача данных от РМУ в сервер сбора осуществлялась по протоколу МЭК 61870-5-104. Создание Системы Мониторинга Запасов Устойчивости северных районов Тюменской области (СМЗУ СРТО) потребовало реализации в РМУ протокола С37.118. В этой системе не предполагалось локального архивирования данных. Сбор всей информации осуществляется в РДУ по быстрым каналам связи. В результате доработки встроенного программного обеспечения, РМУ МИП-02 может одновременно передавать данные на локальный сервер по протоколу МЭК 61870-5-104 и в двух направлениях по протоколу С37.118. Это позволяет параллельно решать задачи локального сбора данных для архивирования и осуществлять передачу on-line для задач жесткого реального времени.

Для включения в состав системы СМЗУ уже существующих комплексов SMART-WAMS, в прикладное программное обеспечение сервера сбора данных была добавлена возможность ретрансляции по протоколу С37.118 с одного из подключенных РМУ. Без какой-либо аппаратной переделки комплекса, при появлении на объекте быстрого канала связи, появляется возможность передавать данные в реальном времени в центр сбора данных (РДУ). Небольшая дополнительная задержка на обработку в сервере, при отсутствии потребности в жестком реальном времени, в настоящее время является несущественной.

3 ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСА SMART-WAMS

Основными препятствиями на пути широкого распространения WAMS технологии являются, по нашему мнению, высокая стоимость комплекса и отсутствие заинтересованности владельцев энергообъектов в их внедрении. В настоящее время единственным потребителем информации от системы СМЗУ является Системный Оператор. Данные используются для верификации электродинамической модели энергосистемы, изучения низкочастотных колебаний и других задач, не связанных с интересами владельцев энергообъектов. В то же время данные векторных измерений могут быть использованы для решения широкого круга

новых задач. Информация об амплитудах и углах напряжений и токов, точно привязанных к астрономическому времени могут быть использованы, например, для определения характеристик силового оборудования и линий электропередачи в реальном времени, реализации новых алгоритмов релейной защиты и в других направлениях, которые еще ждут своего развития.

Комплекс SMART-WAMS может служить базой для развития новых направлений, связанных с технологией векторных измерений. Структура прикладного программного обеспечения сервера позволяет легко расширять набор прикладных задач. Так в настоящее время, параллельно с записью архивов, сервер сбора обеспечивает ретрансляцию потока данных по протоколу С37.118. В ближайших планах реализация ретрансляции по протоколу МЭК870-5-104, что позволит использовать комплекс, как источник данных в системах телемеханики и АСУТП объекта. В дальнейшем на сервере предполагается расширить возможности приема/передачи данных по протоколам С37.118 и МЭК870-5-104 и обеспечить функции PDC (Phasor Data Concentrator) в соответствии с новой версией стандарта С37.118.

Для реализации алгоритмов с жесткими ограничениями на время измерения и доставки данных, возможна передача результатов измерений непосредственно от PMU МИП-02 по протоколу С37.118 минуя сервер (Рисунок 2).

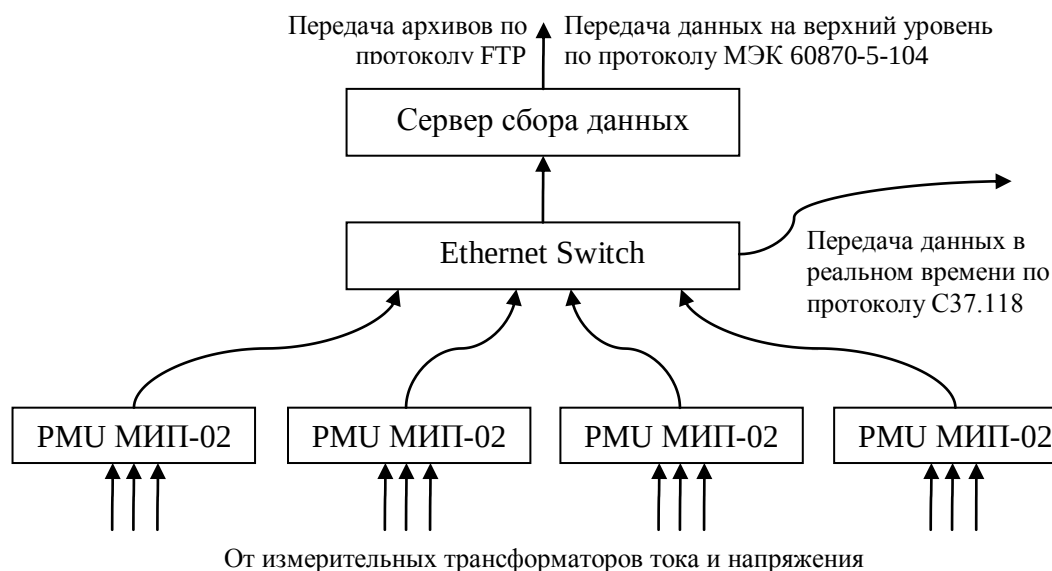


Рис. 2: Структура потока данных в комплексе SMART-WAMS

Часть алгоритмов для решения новых задач, связанных с использованием векторных измерений, может быть реализована непосредственно в сервере сбора данных. В этом случае комплекс SMART-WAMS, без каких либо аппаратных доработок, становится инструментом, заменяющим собой новое оборудование. В том числе, и на объектах, где уже установлен комплекс.

Следующим направлением развития тематики WAMS является разработка новых моделей векторных измерителей. Развитие идет по следующим направлениям:

- уменьшение стоимости;
- увеличение функциональности;
- повышение точности измерений.

В новой модели PMU, которая выпускается компанией РТСофт, предусмотрены два независимых ввода (Рисунок 3), что позволяет контролировать два независимых присоединения. Это значительно уменьшает объем и стоимость оборудования. Новые исполнения МИП-02 имеют защиту от электромагнитных помех с соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5-2006 и аттестованы для применения на объектах ФСК. Устройства могут устанавливаться в существующей сети предприятия наряду с другим оборудованием.

Векторные измерители, наряду с выполнением основных функций, могут также использоваться как источник данных в системах телемеханики и АСУТП.



Рис. 3: Внешний вид новой модели РМУ МИП-02 на два присоединения

В новой модели РМУ предусмотрено также увеличение числа направлений передачи данных и существенное расширение набора вычисляемых параметров.

Опыт разработки и эксплуатации комплекса SMART-WAMS позволил также значительно повысить точность измерения одного из основных параметров РМУ – фазы напряжения, привязанного к импульсу PPS. В новой модели МИП-02 точность измерения угла составляет 0,025 градуса. Следует отметить, что в реальных измерениях это один из наиболее “стабильных” параметров, слабо подверженный помехам. Но его точное определение сильно зависит от методики калибровки и может отличаться у разных производителей. При измерениях разности углов фаз, например, на участке линии электропередачи, следует использовать устройства от одного поставщика.

Характеристика	Значение
Точность измерения напряжения	$\pm 0,15 \%$
Точность измерения тока	$\pm 0,2 \%$
Точность измерения частоты	$\pm 0,001$ Гц
Угол фазы напряжения относительно PPS (время измерения 20 мс)	$\pm 0,025^\circ$
Угол фазы напряжения относительно PPS (время измерения 100 мс)	$\pm 0,01^\circ$

Табл. 1: Метрологические характеристики РМУ МИП-02-40.01

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объем информации, предоставляемый измерительными устройствами РМУ, существенно больше, чем в телемеханике. С учетом того, что точность синхронизации измерений в РМУ имеет качественно другой уровень, технология WAMS в будущем должна заменить собой классическую телемеханику.

Дальнейшее развитие РМУ должно идти по пути создания универсальных измерительных устройств, предназначенных для одновременного решения нескольких задач. Мониторинг параметров электрической сети - это лишь одно из направлений. Другие сферы применения распределенных векторных измерений, такие как распределенная релейная защита, мониторинг параметров первичного электрооборудования и другие, еще ждут проработки. Для этих направлений, возможно, потребуются свои специфические требования. Например, уменьшение периода измерений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] IEEE Std C37.118-2005 IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems.
- [2] А.С. Герасимов, А.Х. Есипович, Г.К. Кириенко, М.Л. Королев, Ю.А. Куликов, Р.Н. Могилко. Регистратор параметров переходных режимов «SMART-WAMS» и его

- испытания. Международная научно-практическая конференция «Мониторинг параметров режимов электроэнергетической системы» Москва, 25-27Апреля 2006.
- [3] Жуков А.В., Демчук А.Т., Эдлин М.А., Гущина Т.А. Применение электродинамической модели для выработки новых требований к СМПР в целях решения задач управления ЕЭС. Вторая международная научно-практическая конференция «Мониторинг параметров режимов электроэнергетической системы» 28-30Апреля 2008, Санкт-Петербург.
- [4] Гущина Т.А., Герасимов А.С., Есипович А.Х. и др. Опыт использования цифро-аналого-физического комплекса для обеспечения системной надежности ЕЭС России // Электрические станции. 2005. № 12. С. 1-12.
- [5] В. Ayuev, P. Erokhine, Y. Kulikov. IPS/UPS Wide Area Measuring System / CIGRE, 41 Session, August 27 – September 01, 2006.
- [6] Б.И. Аюев. Система мониторинга переходных режимов: текущее состояние и перспективы развития. Monitoring of Power System Dynamics Performance. 28-30 April 2008, Saint Petersburg.