

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРЫ ПОСТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ

АВТОРЫ:

Ю.В. ИВАНОВ,
ООО «ПРОСОФТ-СИСТЕМЫ»

А.С. ЧЕРЕПОВ,
ООО «ПРОСОФТ-СИСТЕМЫ»

Д.М. ДУБИНИН,
ОАО «СО ЕЭС»

Мониторинг переходных процессов давно применяется в различных областях современной индустрии, в таких как радиотехни-

ка, автоматическое регулирование и множестве других. В этом плане применение этого подхода в электроэнергетике к сожалению, происходит с некоторым опозданием.

Ключевые слова: система мониторинга переходных режимов; структура СМПР; стандарт IEEE C37.118.



Современные системы контроля и управления электроэнергетическими сетями позволяют использовать различные методы мониторинга переходных режимов в этих сетях

ВВЕДЕНИЕ

В последние несколько лет в отечественной энергетике активно внедряется, используется и развивается система мониторинга переходных режимов (СМПР). Данные качественно нового уровня, которые предоставляет СМПР, уже доказали свою практическую ценность и в возрастающем объеме используются для решения прикладных задач. Благодаря чему на сегодняшний день необходимость в дальнейшем развитии СМПР не вызывает сомнений.

Между тем, необходимо отметить, что СМПР как отдельный технологический объект является относительно новой моделью, обладающей своей уникальной совокупностью свойств и характеристик, которой не обладают никакие другие системы. Новизна СМПР является ее ключевым свойством, из которого вытекает ряд моментов, например недостаточное количество русскоязычной литературы и отсутствие отраслевых стандартов и методик. Другим моментом, вытекающим из новизны СМПР, является тот факт, что для ее организации используются самые современные технологии, возможности которых еще не изучены и не освоены в полном объеме. Как следствие, потенциал всей СМПР в целом, даже уже существующей, не окончательно понятен и очевиден, что в свою очередь приводит к необходимости системного подхода для структурного описания и формализации характеристик компонентов системы и правил их взаимодействия, а также к необходимости систематизации накопленных знаний и опыта в этой области.

Развитие СМПР было обусловлено несколькими факторами:

- усложнением топологии и структуры генерации и потребления электроэнергетических систем (ЭЭС), приводящим к усложнению

динамических процессов, происходящих в них при технологических нарушениях;

- повышением количества и увеличением тяжести крупных системных аварий. Для разработки мер по их предотвращению и восстановлению систем после аварий необходим глубокий анализ причин возникновения этих аварий и характера их протекания, что невозможно без детального анализа динамического поведения системы;
- появлением и широким внедрением технологии глобального позиционирования (Global Positioning System, GPS), которая позволила синхронизировать измерения и получить такой важный для динамического анализа параметр, как относительный угол напряжения.

На данный момент накоплено достаточно и практического опыта, и теоретических исследований в области проектирования, внедрения и эксплуатации СМПР, чтобы приступить к содержательному анализу, результаты которого стали бы фундаментом и отправной точкой для решения таких задач, как:

- систематизация накопленных знаний и теоретических исследований в области СМПР;
- формализация и единое понимание функций, структуры и архитектуры построения СМПР;
- формализация правил взаимодействия и ключевых характеристик компонентов СМПР, разработка технических требований, стандартизация;
- разработка общей стратегии и выделение приоритетных направлений развития СМПР.

Целью настоящего исследования является применение системного подхода для первичного анализа технологической модели действующей СМПР, что позволит

сформулировать и объединить все вопросы, связанные с развитием СМПР, в единую систему. Настоящее исследование не претендует на исчерпывающий характер и ставит своей целью показать возможности системного анализа, которые могут помочь в решении различных вопросов, связанных с развитием СМПР.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Поскольку исследуемый объект (СМПР) является многокомпонентной, сложной системой, зависимой от технологий из различных областей техники, имеет смысл воспользоваться методологией и подходами системного анализа одного из общепринятых методов изучения сложных систем.

Во избежание разночтений (системный анализ оперирует не устоявшимися терминами) уточним терминологию:

- система — множество связанных между собой элементов, которое рассматривается как целое;
- элемент системы — условно неделимые части системы, обладающие определенными свойствами;
- компонент системы, подсистема — элемент системы, рассматриваемый как система;
- структура — относительно устойчивая фиксация связей между элементами системы;
- концептуальная модель — абстрактная модель системы, определяющая ее структуру, свойства составных частей, причинно-следственные связи;
- функциональная модель — абстрактная модель системы, определяющая ее как набор функциональных параметров и их взаимосвязей;
- целевая модель — одна из моделей системы, которая является достаточной для целей ее исследования.

СТРУКТУРА WAMS СОГЛАСНО IEEE C37.118

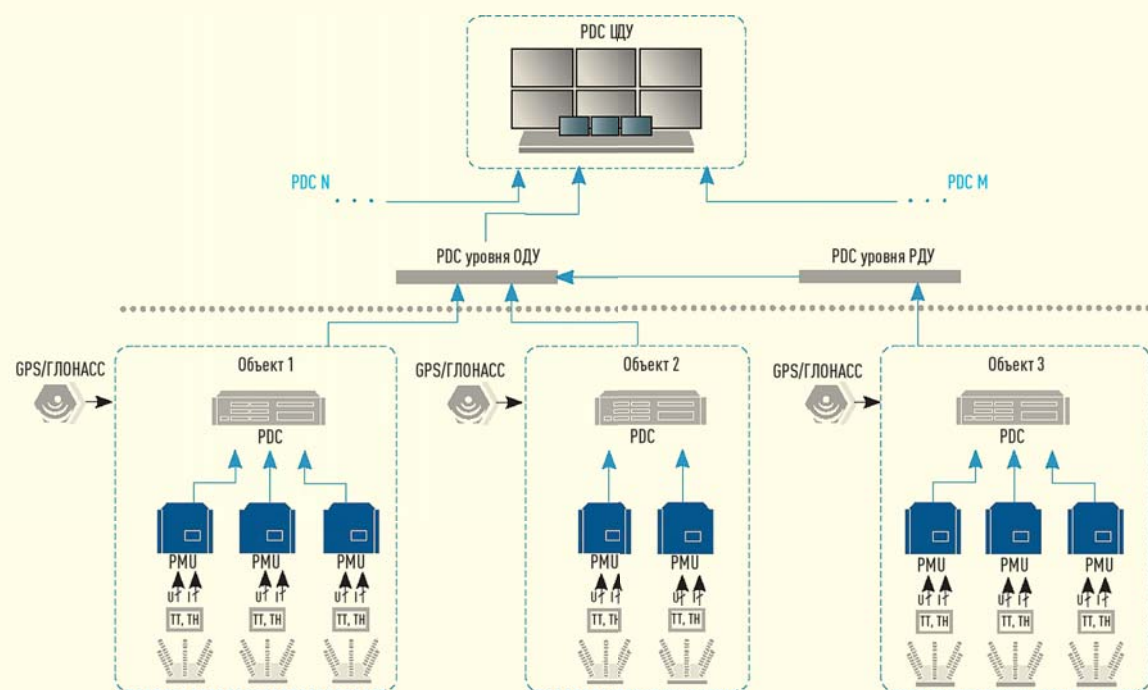


Рис. 1

СТРУКТУРА СМПР

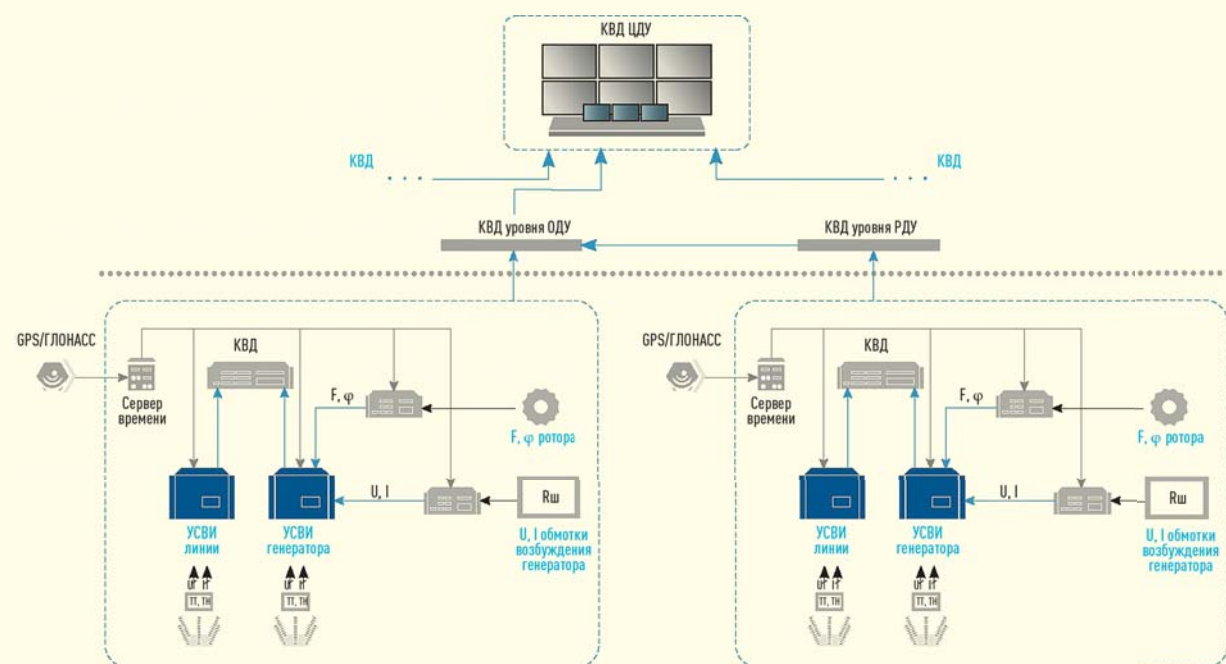


Рис. 2

Согласно методологии системного анализа, изучение системы предполагает создание целевой модели этой системы, которая позволяет провести анализ целевых свойств системы и ее элементов, и, при этом, не ограничивает и не сужает возможности реальной системы. Процесс создания целевой модели заключается в последовательном создании нескольких моделей системы, начиная с самой абстрактной и заканчивая моделью требуемого уровня детализации — целевой модели. Начинается процесс моделирования, как правило, с построения концептуальной модели. Концептуальная модель — это абстрактная модель системы, обычно описательная, выраженная в качественных категориях, а не количественных. Основная задача концептуальной модели — это описание предметной области во всей полноте, терминов, элементов системы и их взаимосвязей в неформализованном виде. На основе концептуальной модели, как правило, создается функциональная или морфологическая модель, на основе которых, в свою очередь, создаются имитационная, математическая, программная модели и любые другие, в зависимости от целей исследования.

Для исследования систем и моделей системный анализ предоставляет широкий спектр методов и процедур, из всего множества которых в целях настоящего исследования используются декомпозиция и композиция с последовательной детализацией исходной модели.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Последовательное применение методологии системного анализа приводит к необходимости изучения и выявления той концептуальной

модели, которая легла в основу создания существующей СМПР.

Для создания существующей СМПР в качестве базовой концептуальной модели в свое время была выбрана модель, которая описана в стандарте IEEE C.37.118 по нескольким причинам, главной из которых явилось то, что это была исторически первая нормативно-сформулированная концептуальная модель (Wide Area Measurement System, WAMS). Выявление и описание базовой концептуальной модели IEEE C37.118 и сопоставление с ней позволит отчетливо увидеть эволюцию как СМПР, так и исходной концептуальной модели.

Под обозначением IEEE C.37.118 в данном контексте подразумевается вся серия стандартов IEEE, посвященных синхрофазорам и их передаче, начиная с IEEE 1344-1995.

Сам стандарт не ставит перед собой цель сформулировать именно концептуальную модель в терминах системного анализа, однако вся необходимая информация для выявления этой модели имеется в текстах стандарта в неструктурированном виде.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОГЛАСНО IEEE C37.118

Согласно стандарту IEEE C.37.118 система состоит из устройств измерения синхрофазоров (PMU) и концентраторов векторных данных (PDC) разного уровня, как показано на рисунке 1. При этом в стандарте оговаривается, что PMU и PDC — это функции, и они могут являться частью более общего программно-аппаратного комплекса.

Устройства измерения синхрофазоров находятся на объекте и выполняют следующие функции:

- прием сигналов на своих входах;
- измерение параметров входных сигналов;
- присвоение измеренным параметрам метки точного времени;
- передача полученных данных в PDC.

Функции PDC при этом сводятся к сбору данных от нескольких источников (PMU или PDC), объединению этих данных в один поток (или несколько потоков) и передаче в PDC более высокого уровня. Векторные концентраторы всех уровней образуют иерархическую структуру. В самом низу находится PDC уровня объекта, который собирает данные с PMU и передает в PDC корпоративного уровня. Затем данные передаются в PDC регионального уровня и т.д.

С точки зрения системного анализа концептуальная модель стандарта подразумевает только два элемента в системе (PMU и PDC), функции которых проработаны вплоть до технических требований и с использованием которых строится две функциональные подсистемы:

- измерительная подсистема (на основе PMU);
- подсистема сбора данных (на основе PDC всех уровней).

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СМПР

Между тем, как показала практика и опыт внедрения отечественной СМПР, концептуальная модель стандарта IEEE C37.118 не является достаточной и не позволяет детализировать в достаточной степени все функции и технические характеристики реально действующей системы, а сама изначальная концептуальная модель стандарта IEEE C37.118 претерпела серьезные

изменения, которые необходимо отметить.

Последующая детализация и переход от концептуальной к функциональной модели существующей отечественной системы приводит к необходимости и целесообразности введения в концептуальную модель еще двух компонентов в явном виде — подсистемы синхронизации времени и подсистемы передачи данных. В рамках функциональной модели в процессе описания функциональных характеристик элементов системы без этих компонентов не обойтись, и, в то же время, в концептуальной модели IEEE C37.118 их в явном виде нет, что приводит к необходимости доработки концептуальной модели.

Кроме этого, в процессе эксплуатации и развития существующей СМПР, функции PDC и PMU претерпели существенные изменения, что должно найти свое отражение в концептуальной модели.

Концептуальная модель существующей СМПР хорошо структурируется на функциональные компоненты и выглядит следующим образом (рис. 2):

- подсистема синхронизации времени;
- измерительная подсистема;
- подсистема передачи данных;
- подсистема обработки данных.

Такая концептуальная модель позволяет непосредственно перейти к функциональной модели и разбить систему на функционально независимые компоненты и описать функции этих компонент, а затем провести детализацию внутренней структуры и выявить технические характеристики каждой функциональной подсистемы независимо друг от друга.

Функциональная модель является целевой в рамках настоящего ис-

следования, поскольку позволяет сформулировать все необходимые технические требования, углубляясь в технические детали реализации подсистем и системы в целом только в необходимой мере.

ПОДСИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ

Подсистема синхронизации времени, является без преувеличения ключевой подсистемой СМПР. Именно она обеспечивает измерения метками точного времени, благодаря которым можно объединять данные, полученные в различных точках электрической сети.

Главной функцией подсистемы является обеспечение элементов СМПР сигналами синхронизации времени требуемой точности и надежности, при этом сигналы синхронизации времени формируются на основе данных, полученных от глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS.

Основные технические характеристики подсистемы:

- точность привязки собственной шкалы времени к шкале координированного времени UTC;
- точность автономного хранения и воспроизведения собственной шкалы времени.

От первого параметра зависит общая погрешность измерения векторов и точность при объединении данных, полученных в различных точках электрической сети.

Второй параметр является показателем надежности. И является необходимым на случай кратковременной потери синхронизации времени от спутников.

Необходимо дать некоторое пояснение по поводу этого параметра. Дело в том, что существует некоторое недопонимание принципов работы ГНСС, и даже при проектировании реальных систем обеспечения единого времени (СОЕВ) исходят из ложных предпосылок принципов работы ГНСС. Несмотря на то что спутники ГНСС имеют атомные часы, они не являются первичными эталонами времени. Первичный эталон времени находится на земле, стоит очень дорого и от него несколько раз в сутки синхронизируется время спутников ГНСС. Поэтому установка на объекте атомных часов с такими же параметрами, как у спутников ГНСС, не отменяет необходимости коррекции времени СМПР по сигналам от спутников ГНСС. В то же время система синхронизации времени, построенная с применением технологии приема сигналов от спутников ГНСС, сама по себе не является надежной из-за того, что сигналы от спутников ГНСС подвержены влиянию различных факторов и могут периодически пропадать. Единственным, доступным техническим решением на данное время, является удержание собственной шкалы времени в требуемых пределах точности на время пропадания сигналов от спутников ГНСС, за что и отвечает рассматриваемый параметр. Количественная величина этого параметра в конечном счете определяется приложениями, которые используют данные СМПР, и в идеале должна быть нормируемой метрологической характеристикой подсистемы синхронизации времени СМПР.

В общем случае техническая реализация подсистемы синхронизации времени включает в себя следующие элементы:

- антенны;
- приемники спутниковых сигналов;
- соединительные кабели;

ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА. ПРИМЕР ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

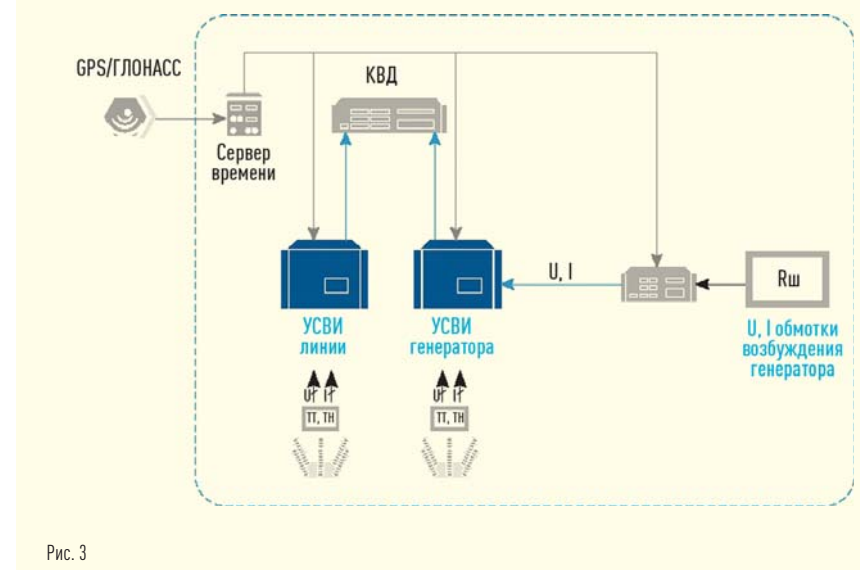


Рис. 3

- интерфейсы и протоколы передачи сигналов синхронизации времени.

Приведенный состав технической реализации не является обязательным. Конкретные технические решения могут быть разными, например, объединять приемник и антенну, приемник и устройство синхронизированных векторных измерений (УСВИ).

Отсутствие в концептуальной модели стандарта IEEE C.37.118 подсистемы синхронизации времени в явном виде привело к тому, что на данный момент все УСВИ отечественного производства несовместимы между собой в части интерфейсов для приема сигналов синхронизации времени. В свою очередь, это приводит к тому, что для внедрения на одном энергообъекте УСВИ разных производителей необходимо реализовать несколько подсистем синхронизации времени.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ПОДСИСТЕМА

Измерительная подсистема является источником синхронизированных векторных измерений для СМПР. Кроме этого, в настоящее время подсистема обеспечивает СМПР широким спектром дополнительных измерений, синхронизированных по времени.

Главные функции подсистемы:

- прием физических сигналов посредством собственных измерительных преобразователей;
- прием сигналов точного времени от подсистемы синхронизации времени;
- обработка входных сигналов и получение значений необходимых параметров;
- передача полученных значений в подсистему обработки данных в режиме реального времени.

Основные технические характеристики подсистемы:

- метрологические (точностные) характеристики измеряемых параметров;
- частота выдачи данных в реальном времени;
- динамические характеристики (задержка выдачи данных, задержки цифровой обработки данных).

Поскольку основная функция подсистемы заключается в получении необходимых измерений, то основными характеристиками подсистемы являются метрологические и точностные характеристики измерений.

В настоящее время метрологические и точностные характеристики подсистемы определяются требованиями стандарта IEEE C37.118. Однако, по результатам сертификационных испытаний на соответствие стандарту IEEE C37.118, по методике, разработанной ФГБОУ ВПО «НИУ МЭИ», возникло много вопросов, как к положениям стандарта, так и к методике на соответствие этому стандарту. В связи с этим уже сформулирована задача по адаптации положений стандарта IEEE C37.118 к реальным условиям применения и разработке новых требований к УСВИ в части измерений.

Разработка новых требований к качеству измерений главным образом касается измерений в условиях динамических (переходных) режимов, однако в рамках решения этой задачи необходимо иметь в виду тот факт, что объединение возможностей подсистем синхронизации времени, измерительной подсистемы, а также применение современных технологий цифровой передачи данных дает большие возможности по расширению спектра доступных измерений.

Эти возможности уже используются, и имеются промышленные внедре-

ния, например, для получения значений тока и напряжения системы возбуждения генератора. Пример технической реализации решения, применяемого для получения значений тока и напряжения системы возбуждения генератора, приведен на рисунке 3.

Для измерения тока и напряжения системы возбуждения генератора применяется измерительный преобразователь, который подключается непосредственно к шунту генератора, к подсистеме синхронизации времени и к УСВИ. Благодаря этому измерительный преобразователь измеряет значения тока и напряжения системы возбуждения генератора, присваивает этим значениям метки точного времени и передает уже синхронизированные значения в УСВИ по цифровому протоколу. Наличие меток точного времени позволяет УСВИ объединить эти значения со своими синхронизированными значениями и передать

их в подсистему обработки данных единым массивом.

Кроме этого, ведутся теоретические и практические исследования по использованию возможностей СМПР для получения прямых измерений угловой скорости и угла ротора генератора с метками времени высокой точности, что позволит в перспективе решить ряд актуальных задач управления электрическими режимами. Пример существующего технического решения, которое используется для практических исследований в этой области, приведен на рисунке 4.

Для получения прямых измерений угловой скорости и угла ротора генератора применяется система, состоящая из измерительного преобразователя, датчика скорости вращения и датчика абсолютного положения вала генератора. Измерительный преобразователь подключается к датчикам, подсистеме синхрони-

зации времени и к УСВИ. Получая данные с датчиков, измерительный преобразователь присваивает им метки точного времени и передает в УСВИ по цифровому протоколу. Наличие меток точного времени позволяет УСВИ объединить эти значения с другими синхронизированными значениями и передать их в подсистему обработки данных единым массивом.

Вышеприведенные примеры показывают, что к настоящему времени УСВИ серьезно эволюционировали как технически, так и в части измеряемых параметров, представляют собой систему из нескольких элементов и не вписываются в концептуальную модель стандарта IEEE C37.118. В общем случае техническая реализация измерительной подсистемы включает в себя следующие элементы:

- датчики;
- измерительные преобразователи;
- УСВИ;
- сетевое оборудование для организации распределенной шины передачи данных между измерительными преобразователями и УСВИ (коммутаторы, кабели и т.д.);
- интерфейсы и цифровые протоколы передачи данных;

Приведенный анализ структуры и характеристик измерительной подсистемы показывает, что СМПР имеет большой потенциал развития в части расширения спектра доступных измерений. Однако такое расширение должно сопровождаться соответствующей метрологической поддержкой, которая своевременно бы давала определение новому измерению введением эталонной методики расчета и требованиями по точности.

Обращает на себя внимание тот факт, что результат взаимодействия подсистемы синхронизации вре-

мени и измерительной подсистемы является ярким практическим подтверждением одного из постулатов системного анализа, который гласит, что свойства системы не сводятся к простой сумме свойств ее элементов, и система приобретает свойства, не присущие ни одному из ее элементов в отдельности.

ПОДСИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Подсистема передачи данных связывает элементы СМПР между собой и обеспечивает доставку данных по назначению в режиме реального времени.

Главной функцией подсистемы является своевременная и надежная передача данных между элементами СМПР.

Основные технические характеристики подсистемы:

- пропускная способность;
- латентность (задержка передачи данных);
- надежность.

Несмотря на то что одной из функций концентратора векторных данных (КВД) является передача данных (например, в КВД более высокого уровня), имеет смысл вынести его за пределы рассматриваемой подсистемы по нескольким причинам:

- функционально КВД логично отнести к подсистеме обработки данных, поскольку одной из основных функций КВД является объединение данных, что само по себе уже является обработкой данных. Задержки передачи данных, вносимые КВД, в большей степени связаны именно с обработкой (буферизация, синхронизация) данных и имеют другую

природу в отличие от задержек в канале передачи данных;

- к настоящему времени функции КВД существенным образом эволюционировали по сравнению с базовой концептуальной моделью именно в области обработки данных. Кроме этого, существующее на данный момент представление о перспективах развития СМПР предполагает развитие функций КВД именно в области обработки данных.

Таким образом, в подсистеме передачи данных остаются только те элементы, которые непосредственно связаны именно с транспортом данных.

В общем случае техническая реализация подсистемы передачи данных включает в себя следующие элементы:

- кабели;
- коммутационное оборудование;
- протоколы передачи данных.

Практика показывает, что подсистема передачи данных имеет неоднородную структуру с точки зрения основных технических характеристик. Если на уровне энергообъекта пропускная способность и латентность подсистемы полностью соответствуют решаемым задачам, в том числе и перспективным, то по выходу за пределы энергообъекта характеристики подсистемы резко падают.

Например, в пределах энергообъекта подсистема имеет такие характеристики, как:

- пропускная способность — 100 Мбит/с;
- латентность — сотни микросекунд;
- надежность — каналы передачи данных, как правило, резервируются.

А за пределами энергообъекта подсистема имеет такие характеристики, как:

- пропускная способность — сотни Кбит/с;
- латентность — сотни миллисекунд;
- надежность — каналы передачи данных, как правило, резервируются.

Анализ подсистемы передачи данных показывает, что СМПР имеет узкое место в части передачи данных за пределами энергообъекта и в то же время большой потенциал для развития с точки зрения улучшения технических характеристик.

ПОДСИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Подсистема обработки данных реализует те цели и задачи, для достижения и практической реализации которых собственно и предназначена СМПР.

Анализ всех возможных функций подсистемы выходит за рамки данного исследования, однако, анализ некоторых функций необходим для построения законченного исследования и определения концептуальных направлений развития.

В общем случае техническая реализация подсистемы обработки данных включает в себя следующие элементы:

- аппаратное обеспечение КВД всех уровней;
- специализированное программное обеспечение КВД всех уровней;
- сервисное программное обеспечение для конфигурирования и настройки КВД всех уровней;

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ И УГЛА РОТОРА ГЕНЕРАТОРА. ПРИМЕР ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

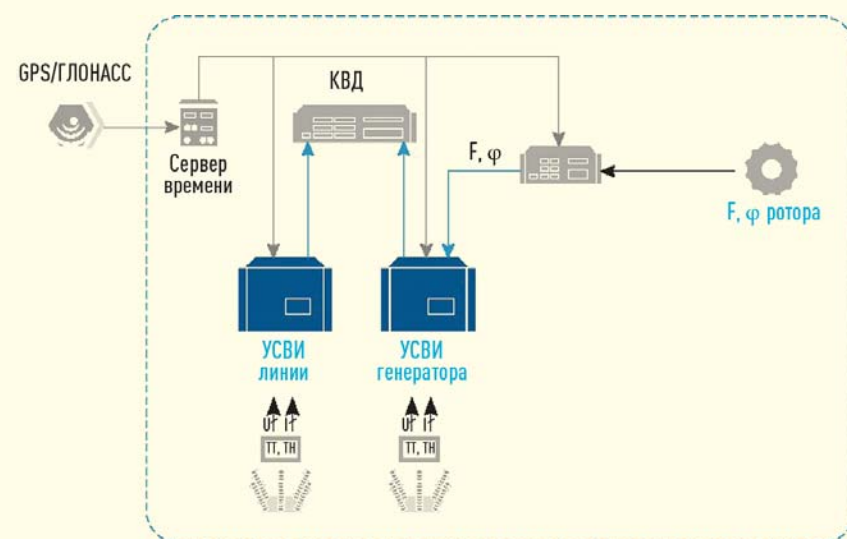


Рис. 4

- прикладное программное обеспечение для анализа синхронизированных векторных данных;
- программное обеспечение визуализации данных КВД всех уровней.

В настоящее время первичная обработка данных происходит уже на уровне КВД энергообъекта, который, как правило, выполняет следующие функции:

- получение векторных данных от УСВИ, модификация данных (дорасчет необходимых параметров, конвертация протоколов, изменение частоты дискретизации, формата данных и т.п.), объединение этих данных с выравниванием по относительно либо абсолютному времени и их передача в КВД верхнего уровня иерархии;
- архивирование полученных от УСВИ данных в виде циклического архива;
- предоставление доступа и выдача данных циклического архива по запросу;
- регистрация аварийного архива по заданным технологическим критериям;
- визуализация архивных и текущих данных на АРМ технолога;
- взаимодействие с другими информационными системами (например, передача данных в АСУ ТП).

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Методология системного анализа, позволяет оценить не только текущее состояние СМПП, но и концептуально определить перспективы ее развития в различных направлениях, а также выявить узкие места на пути такого развития.

Например, к настоящему времени достаточно много сказано и на-

писано о перспективах развития СМПП в части WAMPACS. Однако ни в базовой концептуальной модели, ни в концептуальной модели существующей СМПП не видно механизмов и элементов контура управления. Непонятно, как предполагается реализовывать систему WAMPACS, будет ли это собственная подсистема управления СМПП или потребуются взаимодействие с существующими системами управления? В любом случае, это должно найти свое отражение в концептуальной модели в виде отдельной подсистемы управления.

Упрощенная концептуальная модель существующей СМПП, приведенная в данной работе, показывает, что система имеет большой потенциал в части измерительной подсистемы, подсистемы обработки данных и взаимосвязей с другими информационными системами. Современные технологии предоставляют большие возможности для получения новых измерений. Однако необходима разработка такого механизма, который бы формализовывал эти новые измерения, предъявлял бы к ним требования и предоставлял методики проверки на соответствие этим требованиям. Проверки на соответствие выработанным требованиям, очевидно, должны проводить независимые лицензированные лаборатории, что в свою очередь влечет за собой необходимость разработки механизмов лицензирования, стандартизации и т.д. Все эти моменты являются важными направлениями развития СМПП.

Еще одним существенным моментом, непосредственно вытекающим из практического применения системного анализа, является то, что последовательное его применение приводит к необходимости создания имитационной модели, которая позволяет оценить все характеристики системы в динамике (в процессе моделирования). В настоящее время, данные СМПП

используются главным образом для мониторинга и анализа аварийных ситуаций, поэтому эта задача, возможно, и не является актуальной. Однако если рассматривать развитие СМПП с точки зрения WAMPACS, то такая имитационная модель может оказаться просто необходимой. Закладывая в такую модель реальные характеристики реальных элементов СМПП, можно оценить, различные характеристики системы (например, время прохождения команд), их максимальные и минимальные значения (а также любую другую статистику) в различных режимах. Для создания подобных моделей существуют специализированные механизмы, например, GPSS и раскрашенные сети Петри. Создание имитационной модели СМПП (являющейся одним из перспективных направлений развития СМПП в целом) с помощью одного из таких инструментов позволит изучать различные свойства системы в самых разных режимах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как уже было сказано выше, данная работа не претендует на исчерпывающий характер и ставит своей целью прежде всего рассмотрение как можно большего числа вопросов, связанных с СМПП и ее развитием. Следует отметить, что некоторые из рассматриваемых вопросов в той или иной степени детализации уже изучались и освещались ранее. Целью данной работы являлось объединение всех вопросов, связанных с СМПП и ее развитием, в единую систему с использованием методологии системного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE Std C37.118.1-2011. IEEE Standard for Synchrophasor. Measurements for Power Systems.
2. IEEE Std C37.118.2-2011. IEEE Standard for Synchrophasor. Data Transfer for Power Systems.



8-800-700-82-31
www.innoprom.com

#ИННОПРОМ



ИННОПРОМ

11—14 Июля 2016



МЕЖДУНАРОДНАЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ
ВЫСТАВКА

Тема: «Промышленные сети»

Екатеринбург, Россия

РЕКЛАМА | 16+

