

Внедрение и перспективы развития СМПР на Сургутской ГРЭС 2

Ф.Н. ГАЙДАМАКИН, Д.М.ДУБИНИН, М.Ю.МОЛВИНСКИХ
ООО «АльтероПауэр», ОАО «СО ЕЭС», ООО «Прософт-Системы»
Россия
Molv@prosoftsystems.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Система мониторинга переходных режимов, синхронизированные векторные измерения параметров электрического режима, шлюз-концентратор векторных измерений, PDC, регистратор аварийных событий

1 ВВЕДЕНИЕ

В 2012 г. компаниями «Прософт-Системы» и «АльтероПауэр» был реализован проект развертывания на Сургутской ГРЭС-2 программно-технического комплекса Системы мониторинга переходных режимов (ПТК СМПР). В ходе проекта был реализован ряд инженерных решений, позволяющий значительно повысить эффективность использования СМПР на станции, и заложить основу для развития на уровне диспетчерских центров систем (задач), функционирующих на основе синхронизирующих векторных измерений (СВИ) в режиме реального времени, например, системы мониторинга функционирования системных регуляторов, системы мониторинга низкочастотных колебаний (МНЧК), системы мониторинга запасов устойчивости (ПО оценивания состояния) и т. д. [1]

2 ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ДЕЛ СО СБОРОМ ИНФОРМАЦИИ

2.1 Требования к дискретности и оперативности доставки СВИ

В настоящее время синхронизированные векторные измерения от регистраторов СМПР применяются в ОАО «СО ЕЭС» для расследования причин аварий и технологических возмущений в работе энергосистемы, верификации расчетных моделей, расчета динамических свойств энергосистемы, проверки корректности работы системных регуляторов, и т.д. Кроме того, СВИ применяются в Системе мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ) для расчета максимально допустимых перетоков и выделения опасных сечений энергосистемы [2].

Каждое приложение предъявляет к входным данным ряд особых требований в зависимости от специфики решаемой задачи. Так, например, для выполнения верификации расчетных моделей необходимы 20-минутные архивы данных с максимальной дискретностью 20 мс [3]. Оперативность сбора данных не критична и может достигать недели и более после события. Для расследования аварий и технологических возмущений необходимы аварийные архивы регистраторов, а сбор данных необходимо произвести в течение суток.

В то же время, для ряда приложений оперативность доставки данных является критичной величиной. Комплексы СМЗУ и МНЧК обрабатывают данные в режиме реального времени с минимально возможными задержками. Причем, если для СМЗУ дискретность информации не должна превышать 1 с, то для идентификации низкочастотных колебаний дискретизация информации должна быть не хуже 20 мсек.

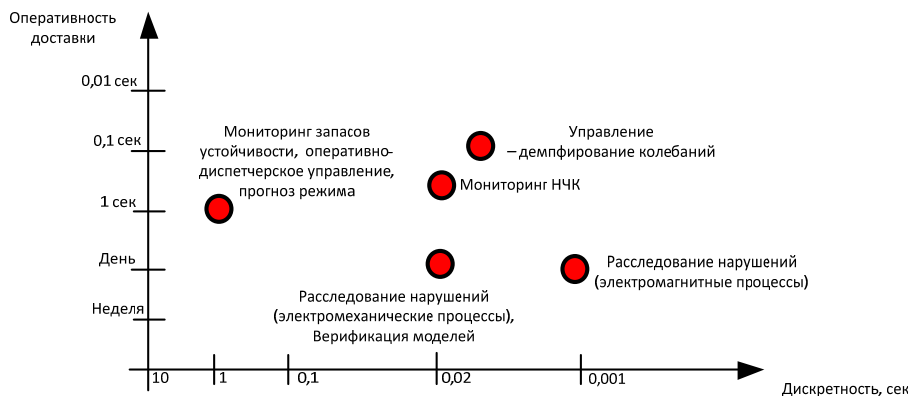


Рис.1 Требования к дискретности СВІ и оперативности доставки в диспетчерский центр

Также, различные прикладные задачи требуют различного объёма данных. Например, для СМЗУ достаточно значений активной и реактивной мощности, амплитуды и угла напряжения прямой последовательности. Для расследования технологических нарушений желательно иметь исходные фазные вектора токов и напряжений.

Оптимальным решением при отсутствии ограничений технического характера был бы сбор СВІ от всех РМУ в режиме реального времени с максимальной дискретностью в диспетчерские центры ОАО «СО ЕЭС». Однако, данный подход не реализуем из-за недостатка широкополосных каналов от энергообъектов до филиалов ОАО «СО ЕЭС» и большого объёма информации СВІ для хранения. Кроме того, сбор данных с значительного количества эксплуатируемых РМУ осуществляется по запросу по протоколу FTP.

2.2 Автоматическая система сбора информации с регистраторов СМРР

В 2009-2011 гг. компания «АльтероПауэр» по заказу ОАО СО «ЕЭС» разработала и внедрила Автоматическую систему сбора информации с регистраторов переходных режимов (АС СИ СМРР). АС СИ СМРР является инфраструктурной системой, обеспечивающей приём СВІ более чем от 200 регистраторов СМРР в ЕЭС. АС СИ СМРР взаимодействует как с регистраторами СМРР, постоянно передающими СВІ (т.н. онлайн-регистраторы), так и с регистраторами, накапливающими данные СВІ в собственной постоянной памяти (оффлайн-регистраторы).

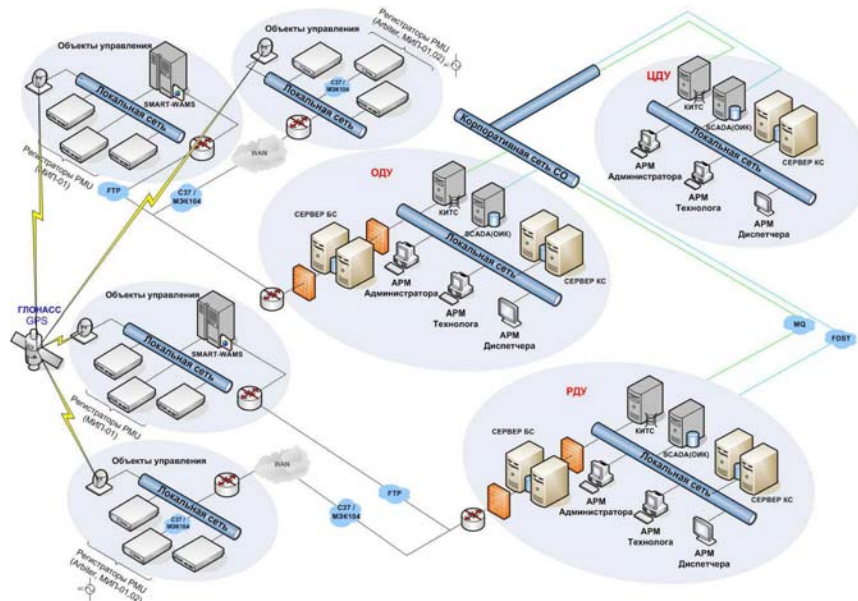


Рис. 2: Схема взаимодействия энергообъектов и узлов АС СИ СМРР

Основная идея АС СИ СМПР состоит в предоставлении пользователю любого филиала ОАО «СО ЕЭС» данных СВИ за запрошенный период с интересующих его точек измерений независимо от того, к какому филиалу СО ЕЭС подключен энергообъект и какого типа регистраторы на нём установлены. АС СИ СМПР автоматически определяет, имеются ли уже запрошенные данные в базе данных системы (если они поступают от онлайнowych PMU или уже запрашивались ранее) и если да, то, в каком филиале они хранятся. Если нет, то к какому энергообъекту необходимо подключиться и загрузить данные. Далее запрос маршрутизируется до необходимого филиала и/или энергообъекта. Затем данные СВИ доставляются в БД сервера филиала, в котором работает пользователь, и предоставляются ему в графическом виде для анализа. Для пользователя эти действия прозрачны, т.е. он избавлен от необходимости иметь дело с файлами регистраторов, подключаться к регистраторам или связываться филиалами.

Данный подход позволяет успешно решить проблему многообразия установленных PMU и коммуникационной инфраструктуры, а также обеспечить разумное использование вычислительных ресурсов в условиях распределенной филиальной сети СО ЕЭС.

Критерии установки регистраторов СМПР на энергообъектах сформулированы в Стандарте ОАО «СО ЕЭС» «Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем», согласно которому регистраторы СМПР должны быть установлены на подстанциях напряжением 500 кВ и выше, электростанциях установленной мощностью 500 МВт и более, а также в контролируемых сечениях ЕЭС и межгосударственных ЛЭП напряжением 110 кВ и более. Типовым решением до 2012 года являлось организация передачи данных СМПР с одного PMU в режиме реального времени, сбор данных с остальных PMU энергообъекта производился технологом диспетчерского центра по запросу. Данное решение снижает требования к организации каналов связи и издержки на передачу данных. Например, на АЭС установлено 76 PMU и только 9 из них передают информацию в режиме реального времени.

Направления развития СМПР предусматривают использование СВИ не только в задачах мониторинга и пост-анализа, но и для задач управления (WACS) и защиты энергосистемы (WAPS).

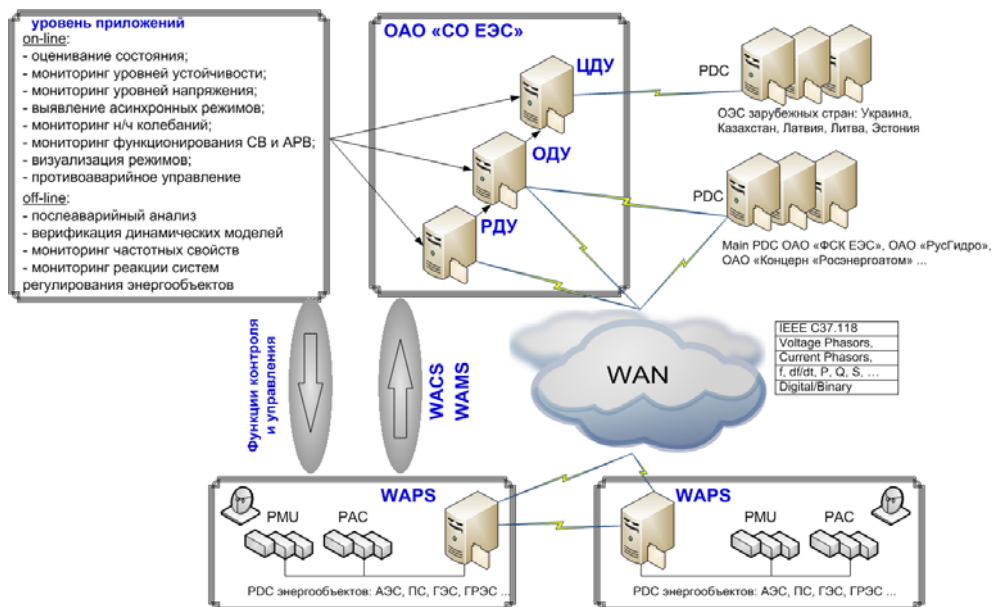


Рис. 3 Целевая модель сбора и использования СВИ

Следовательно, для обеспечения задач управления и защиты требуется развитие инфраструктуры сбора СВИ в части повышения объема наблюдаемых данных и сокращения задержек доставки.

3 СМПР СУРГУТСКОЙ ГРЭС-2

Проект модернизации Сургутской ГРЭС-2 в части развертывания на энергообъекте ПТК СМПР инициирован в результате расследования причин возникновения синхронных качаний 1-го и 3-го генераторов, произошедших 05.06.2011. На момент технологического нарушения на станции были установлены три РМУ. В связи с тем, что часть оборудования находилась в плановом ремонте, исследование переходного процесса на Сургутской ГРЭС-2 осуществлялось по данным одного РМУ, что значительно затруднило выявление причин нарушения.

Модернизация ПТК СМПР Сургутской ГРЭС-2 предусматривала установку РМУ на 8-ми генераторах и 7 отходящих линиях 500 кВ, а также фиксацию параметров обмотки возбуждения. Проект выполнялся компаниями «Прософт-Системы» и «АльтероПауэр».

3.1 РМУ РЭС-3

РЭС-3 СМПР – регистратор, удовлетворяющий требованиям стандарта С37.118 в части передачи параметров электроэнергетического режима, и имеющий возможность записи файлов аварий в энергонезависимую память.

Каждый регистратор подключается к вторичным обмоткам соответствующих измерительных ТТ и ТН классом точности не хуже 0,5. РЭС-3 СМПР имеет следующие основные технические характеристики:

- частота дискретизации – 10 кГц;
- предел допускаемой погрешности измерения напряжения и тока – 0,2%;
- предел допускаемой погрешности измерения частоты – 0,001 Гц;
- предел допускаемой погрешности синхронизации по времени – 1 мкс.

Для синхронизации данных все регистраторы получают точную метку времени по протоколу IRIG-B.

В связи с тем, что Сургутская ГРЭС-2 является крупнейшей тепловой электростанцией, при реализации проекта необходимо было решить несколько практических задач. Во-первых, перед проектировщиками стояла задача оптимального построения системы обеспечения точного времени в связи с большой удаленностью точек подключения регистраторов и сложной электромагнитной обстановкой в местах подключения. С целью диагностики в регистраторе предусмотрена функция контроля получения данных от GPS – приемника. Во вторых, для задачи регистрации параметров системы возбуждения потребовалось провести разработку специализированного цифрового преобразователя сигнала, предназначенного для передачи оцифрованных значений напряжения и тока системы возбуждения генератора непосредственно в регистратор переходных процессов без внесения дополнительной задержки по времени.

3.2 Шлюз-концентратор векторных измерений

Мировая практика организации информационного обмена технологической информацией доказывает преимущества решения развертывания на энергообъектах концентраторов векторных данных, обеспечивающих сбор, архивирование, обработку данных векторных измерений и передачу их в диспетчерские центры. Концентраторы данных также являются шлюзами для информационных потоков между диспетчерским центром и энергообъектом, позволяют существенно снизить нагрузку на каналы передачи данных, увеличить скорость доставки информации, унифицировать информационный обмен между энергообъектами и диспетчерскими центрами и значительно повысить качество информации.

В рамках проекта на станции впервые в ЕЭС развернут шлюз-концентратор векторных измерений (Phasor Data Concentrator – PDC) разработки «АльтероПауэр». PDC осуществляет сбор и хранение СВИ (фазные вектора тока и напряжения, токи и напряжения системы возбуждения генераторов) от 15 регистраторов разработки Прософт-Системы.

PMU измеряют частоту и вектора токов и напряжений пофазно. Эти данные передаются в PDC и сохраняются в специализированной базе данных реального времени (БДРВ) для хранения временных рядов. Также PDC вычисляет производные параметры: векторы прямой последовательности, значения активной и реактивной мощности. Дисковая подсистема PDC позволяет хранить данные за 14 дней работы (настраиваемый параметр). По истечении «времени жизни», данные автоматически удаляются.

Далее PDC осуществляет прореживание данных до дискретности 40 мс и формирование кадра С37.118-2005 на отправку в диспетчерский центр. В кадр помещаются набор СВИ за один временной срез в соответствии с настроенным списком параметров для передачи: амплитуда и угол напряжения прямой последовательности, активная и реактивная мощность для генераторов и линий, а также ток и напряжение системы возбуждения для генераторов.

Далее, поток СВИ в реальном режиме времени передаётся на серверы АС СИ СМПП Тюменского РДУ по протоколу С37.118-2005. Средняя задержка, вносимая PDC в процесс передачи, составляет 50 мс.

Также по запросу от сервера АС СИ СМПП Тюменского РДУ за интересующий промежуток времени посылаются архивы измерений с дискретностью 20 мс в формате COMTRADE. Информационные потоки организованы на существующем канале связи полосой 128 кбит/с. В случае, если бы данные PMU передавались в РДУ напрямую, этой полосы хватило бы на передачу данных в режиме реального времени всего лишь от двух PMU.

Решение по организации канала передачи данных предусматривает выделение для передачи данных в режиме реального времени 75 процентов полосы канала. Для этого на коммуникационном оборудовании станции и РДУ настроена приоритезация трафика: UDP-пакеты протокола С37.118 имеют более высокий приоритет, чем TCP-протокол, использующийся запроса архивов.

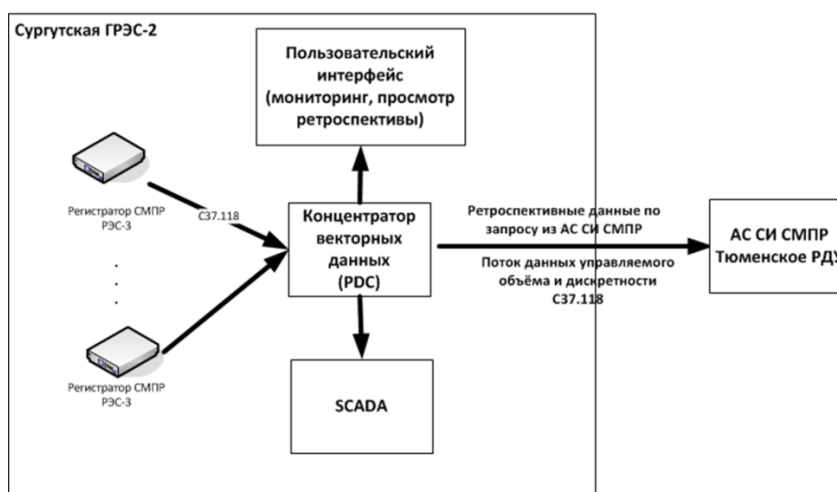


Рис.4 Схема информационных потоков

3.3 Обеспечение отказоустойчивости

PDC реализован в виде отказоустойчивого кластера, состоящего из двух серверов архитектуры x86, работающих под управлением ОС Windows 2008 Server. Каждый программный компонент PDC дублирован, что обеспечивает минимизацию потерь данных при выходе из строя одного из серверов.

PDC имеет три основных компонента, участвующих в приёме и передаче данных: Адаптер протокола С37 (АПС37), БДРВ и сервер протокола С37 (СС37).

АПС37 обеспечивает подключение к PMU, запрос конфигурации и посылку команды на передачу. АПС37 запускается в двух экземплярах – на основном и резервном сервере. Передача СВИ от PMU осуществляется по протоколу UDP на групповой вещательный адрес. В группу входят оба сервера PDC. Основной экземпляр АПС37 осуществляет приём СВИ и сохранение их в

БДРВ. Второй экземпляр находится в горячем резерве, «прослушивая» трафик от РМУ, но не сохраняя его в БДРВ. Экземпляры АПС37 периодически обмениваются heartbeat-пакетами через выделенный сетевой интерфейс. В случае, если резервный экземпляр обнаруживает потерю связи с основным экземпляром, он начинает сохранять СВИ, поступающие от РМУ в БДРВ.

БДРВ также выполнена в отказоустойчивом исполнении. Один из экземпляров является основным. Другой – резервным. Между основным и резервным экземпляром осуществляется репликация данных. При потере связи АПС37 с БДРВ, происходит переключение на резервный сервер БДРВ.

СС37 реализует серверный протокол С37.118-2005. Он осуществляет передачу СВИ на сервера АС СИ СМНР, расположенные в Тюменском РДУ. СС37 также реализован в отказоустойчивом исполнении. По одному экземпляру СС37 на каждом сервере запущены всегда и ожидают подключения из РДУ. При получении команды на передачу СВИ, экземпляр СС37 становится основным и уведомляет об этом экземпляр, работающий на соседнем сервере. Тот, в свою очередь, приостанавливает передачу данных, если таковая велась.

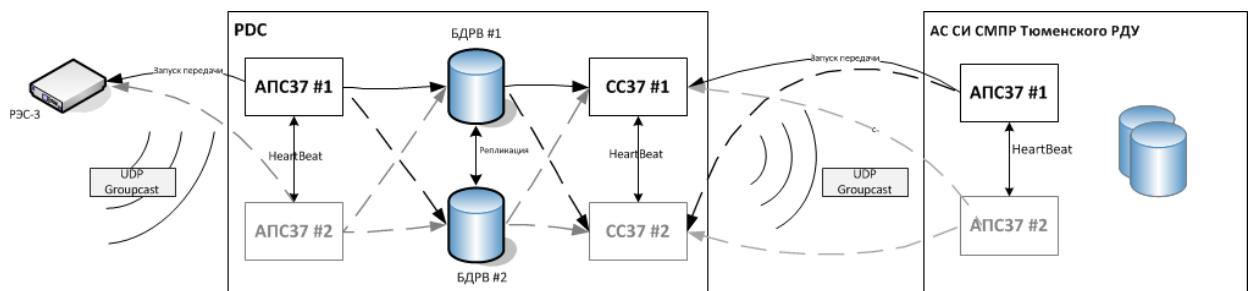


Рис.5 Обеспечение отказоустойчивости

На рис.3 показана схема информационных потоков при различных сценариях отказа. Пунктирными стрелками изображены резервные взаимодействия.

Между Сургутской ГРЭС-2 и Тюменским РДУ организовано два независимых канала связи с целью резервирования. При выходе одного канала связи из строя, производится переход на резервный канал. Переход осуществляется с помощью маршрутизаторов. Коммутационное оборудование, обеспечивающее взаимодействие РМУ, ПДС и АС СИ СМНР также полностью дублируется.

Помимо задач хранения и ретрансляции СВИ, ПДС предоставляет следующие возможности:

- визуализация текущих и архивных измерений за любой период времени с помощью временных графиков, радарных диаграмм и мнемосхем с возможностью «проигрывания» архивных данных с различной скоростью;
- фиксация сигнальных ситуаций, в случае если измеряемые величины или скорость их изменения превышают заданные уставки
- передача в АС СИ СМНР списка зафиксированных отклонений;
- мониторинг работы РМУ;
- экспорт данных в CSV-файлы.

Пользовательский интерфейс ПДС реализован в виде веб-приложения, доступного через веб-браузер и не требующего инсталляции на рабочее место пользователя

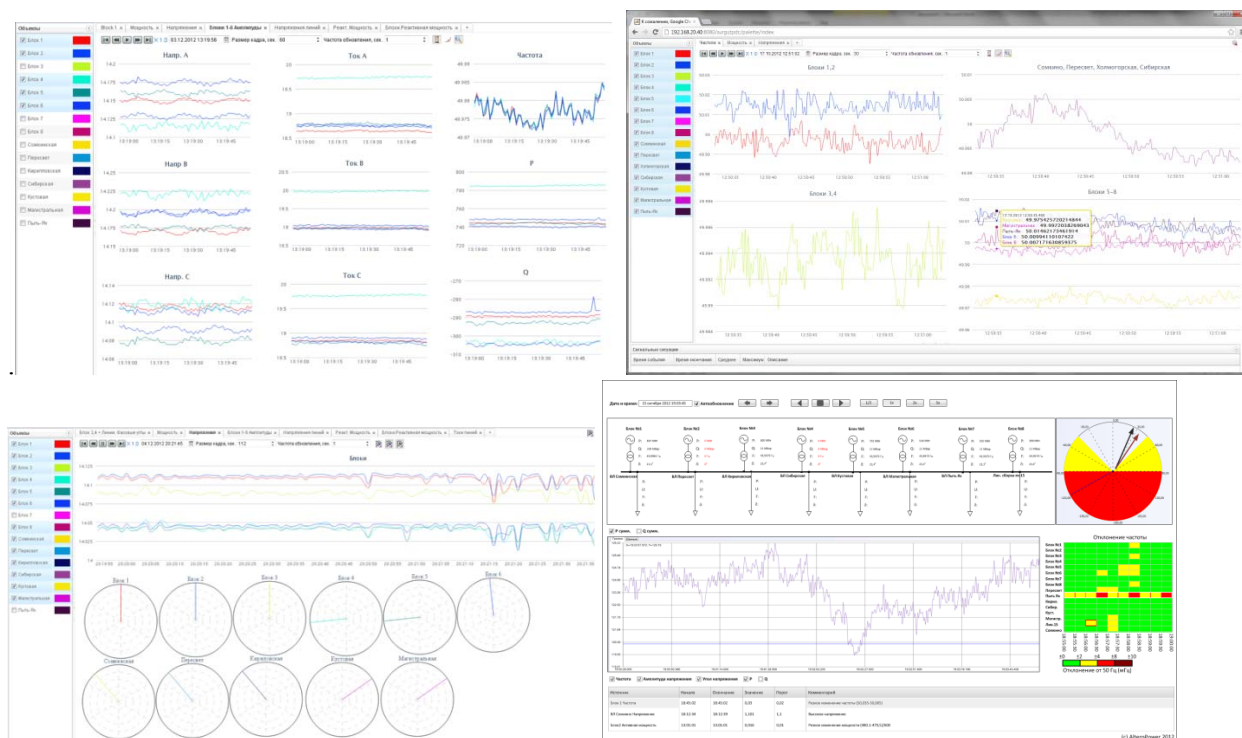


Рис.6 Пользовательский интерфейс

PDC может осуществлять передачу данных не только в диспетчерский центр, но в смежные информационные системы станции, например, в ОИК «СК-2007» или АСУ ТП энергообъекта (смежных энергообъектов).

4 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

С целью расширения функционала применения СВИ на электростанциях в компании «Прософт-системы» разработан прототип нового регистратора. Он позволяет определять, дополнительно к традиционным измерениям, угловую скорость, ускорение ротора и угол нагрузки генератора. Измерения могут выполняться на интервале 3,33 мс – 6 раз за период промышленной частоты. Это позволит обеспечить мониторинг параметров синхронных генераторов, систем их регулирования в режиме реального времени, обеспечив текущий контроль технического состояния, идентификацию неисправности и оценку скорости развития дефекта. Также поддерживается функция Регистратора Аварийных Событий с частотой записи мгновенных значений сигнала до 10 кГц на канал.

В 2013 году запланирован ряд работ по оснащению ряда объектов генерации регистраторами РЭС-3 и Шлюзом-концентратором векторных измерений (Березовская ГРЭС, Уренгойская ГРЭС и другие).

Также, в настоящее время разработан и протестирован набор алгоритмов, позволяющих с высокой точностью и за короткий промежуток времени идентифицировать возникновение низкочастотного колебания и рассчитать его параметры – частоту, амплитуду, коэффициент затухания. Данный функционал войдёт в следующую версию PDC разработки «АльтерПауэр». Параметры НЧК будут рассчитываться непосредственно на PDC и передаваться в АС СИ СМРП в диспетчерский центр, в котором будет организован мониторинг и выявление опасных межзональных НЧК.

5 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] А.В. Жуков, А.Т. Демчук, Д.М. Дубинин. Развитие технологий векторной регистрации параметров для противоаварийного и режимного управления электрическими режимами энергосистем / РЗА 2012 // Тез. докл. XXI междунар. науч.-техн. конф. М., ВВЦ, 2012. С. 232-245.
- [2] Демчук А.Т., Жуков А.В., Кац П.Я., Данилин В.А. Система мониторинга запасов устойчивости энергосистемы с использованием технологии векторного измерения параметров / Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем. Сб. тр. Международной научно-технической конференции, Москва, 2009.
- [3] Аюев Б.И., Герасимов А.С., Есипович А.Х., Куликов Ю.А. Верификация цифровых моделей ЕЭС/ОЭС. Электричество, №5, 2008.