

Лекция № 4

СМЦР



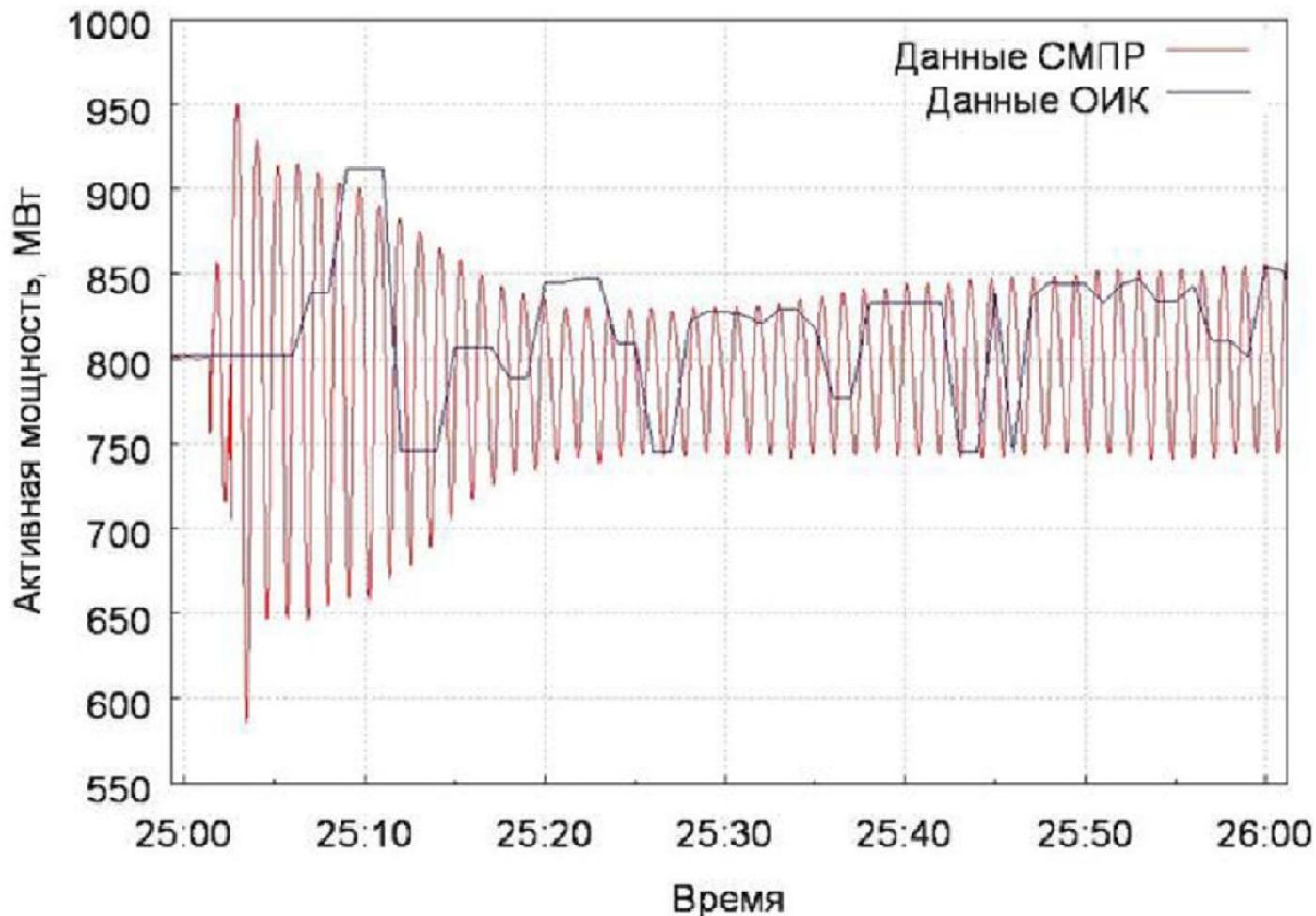
Цели СМПП

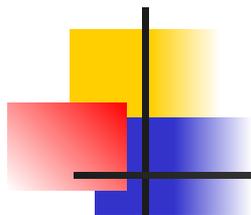
Одним из направлений технологического развития энергосистем в мире, обеспечивающих повышение емкости и стабильности сетей электропередач, является создание и внедрение WAMS-систем (Wide Area Measurement System – системы мониторинга переходных режимов).

WAMS-системы (СМПП) обеспечивают синхронизированные по времени измерения параметров, характеризующих режим работы энергосистемы в различных ее точках с высокой дискретностью. Этот объем данных позволяет:

- наблюдать переходные процессы в энергосистеме;
- оценивать текущие режимы работы всей энергосистемы;
- эффективно анализировать причины и последствия технологических нарушений и системных аварий;
- проверить и уточнить динамическую модель энергосистемы;
- более точно настроить автоматику защиты.

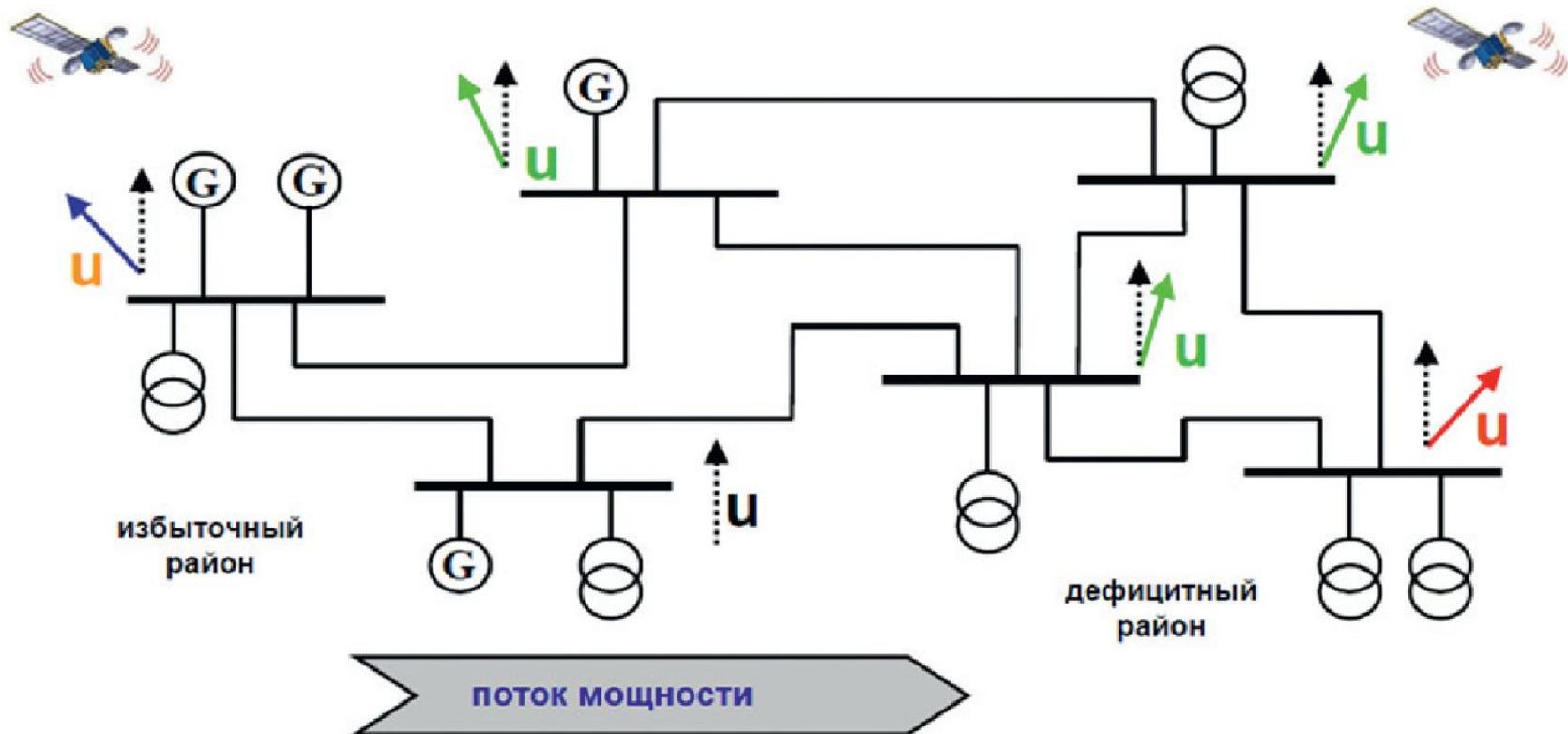
Традиционная телеметрия не даёт адекватной информации о поведении системы в переходных режимах



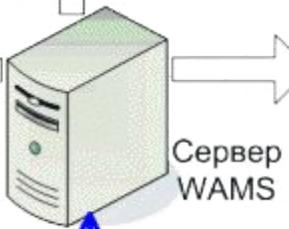
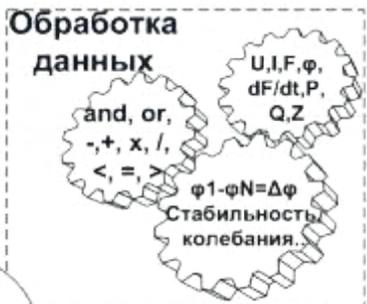


Параметр	Телеметрия	Векторные измерения
Частота измерения	1-5 сек	До 20 мсек и чаще
Наблюдаемые режимы	Установившийся	Установившийся, переходные электромеханические
Охват	Регион	Энергосистема
Синхронизация	Нет	GPS/ГЛОНАСС, с точностью до 1 мкс
Возможность измерения углов тока и напряжения	Нет	Да

Появляется возможность измерения с высокой точностью фазовых углов тока и напряжения. А за счет точной синхронизации измерителей по времени – расчета относительных углов между элементами энергосистемы. Относительный угол позволяет оценить величину потоков мощности между участками энергосистемы и пределы статической устойчивости.

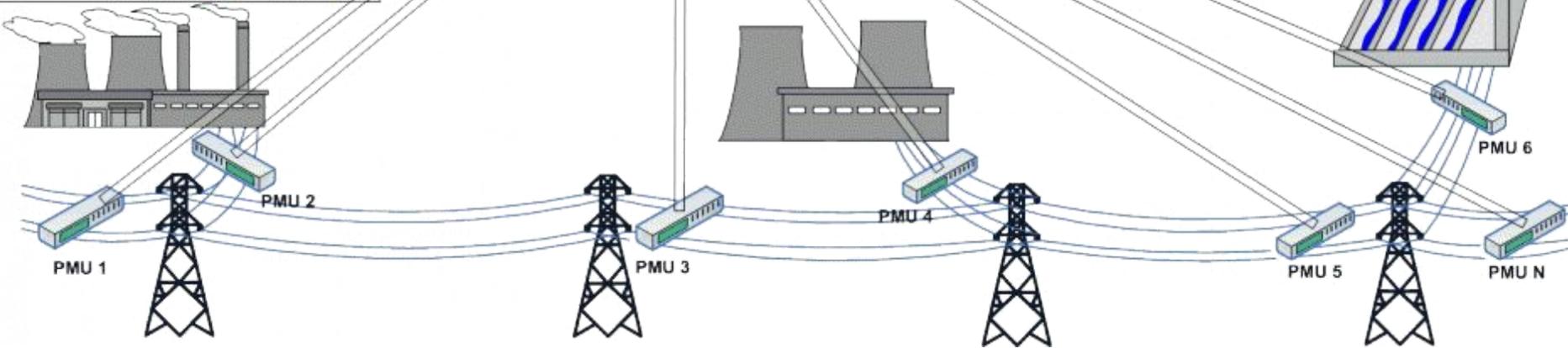
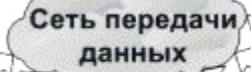
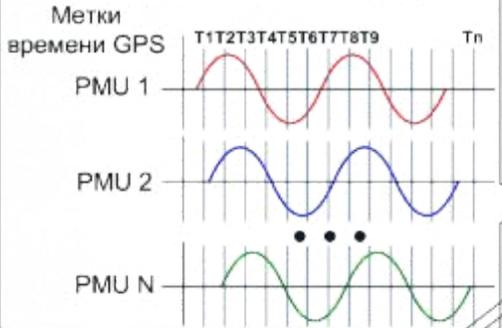


GPS синхронизация
времени измерений с
точностью до 1мкс



Отображение параметров текущего режима

Измерения от каждого PMU: $U, I, F, \phi, dF/dt, P, Q, Z$, до 50 раз в секунду

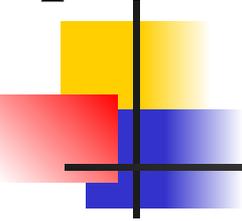


Векторные измерения используются для решения следующих расчетно-аналитических задач



1. верификация динамических моделей;
2. определение параметров схем замещения линий;
3. анализ аварий и технологических возмущений.
4. оценивание состояния;
5. визуализация глобального поведения системы (ситуационная осведомленность);
6. восстановление энергосистемы (синхронизация после разделения на части);
7. режимное и противоаварийное управление;
8. мониторинг и функционирование СВ и АРВ;
9. управление устройствами FACTS;

Векторные измерения используются для решения следующих расчетно-аналитических задач

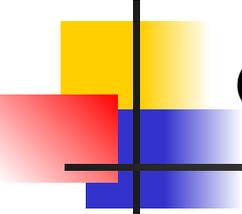


10. мониторинг взаимных углов напряжения в узлах энергосистемы;
11. мониторинг устойчивости по напряжению;
12. мониторинг низкочастотных колебаний (контроль демпфирования колебаний);
13. управление распределенной генерацией;
14. управление резервами мощности;
15. адаптивная защита;
16. идентификация каскадных аварий.



Результаты внедрения СМЭР

1. контроль ПКЭ и эталонный учет электроэнергии;
2. максимально полное использование ресурсов существующего оборудования;
3. более точная настройка противоаварийной автоматики;
4. мониторинг стабильности и температуры линий;
5. повышение надежности функционирования всей энергосистемы в целом.



Оборудование и ПО для WAMS-систем (СМПП)

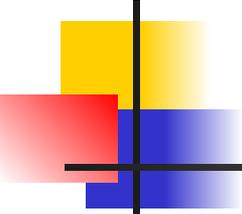
Измерения в WAMS-системах осуществляются специализированными устройствами – PMU, которые определяют фазовые углы и амплитуды токов и напряжений, частоту, мощности и т.д. в различных частях энергосистемы. Все измерения синхронизированы при помощи GPS с точностью до 1 микросекунды.

Данные от PMU с метками времени передаются на сервер WAMS-системы, на котором устанавливается специализированное программное обеспечение, которое обеспечивает сбор данных от всех PMU в системе и производит их обработку, вычисления, хранение, а так же, отображение в режиме реального времени текущих параметров состояния энергосистемы и выдачу сообщений и сигналов.



РЕГИСТРАТОР ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ ТПА-02 (PMU)





Назначение регистратора

ТПА-02 предназначен для синхронизированных векторных измерений параметров электрического режима. В процессе работы ТПА-02 измеряет мгновенные значения напряжений и токов, выполняет расчет параметров электрического режима, регистрирует аварийные режимы в энергосистеме, передает данные в реальном времени по стандарту С37.118.



Основные функции:

измерение значений токов и напряжений контролируемой энергосети;

вычисление угла тока (пофазно);

вычисление угла напряжения (пофазно);

вычисление частоты линии;

регистрация аварийных и предаварийных событий при выходе контролируемых параметров за установленные пределы с сохранением осциллограммы в виде отдельного файла;

синхронизация времени регистратора с помощью сигналов единого точного времени ГЛОНАСС/GPS;

передача данных по протоколу С37.118.

Основные технические характеристики

Наименование параметра		Значение
Переменный ток (действующее значение)	Пределы измерения входного напряжения, В	100; 200
	Пределы измерения входного тока, А	5; 10
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения напряжений и токов, % не более		$\pm 0,2$
Диапазон измерения частоты входных сигналов, Гц		45...55
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения частоты, Гц, не более		$\pm 0,001$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения угла фазового сдвига, °		$\pm 0,1$
Предел абсолютной погрешности синхронизации по времени, мкс, не более		$\pm 1,0$
Количество измерительных каналов напряжения		3
Количество измерительных каналов тока		3
Напряжение питания, В	переменный ток	85 – 265
	постоянный ток	120 - 370
Потребляемая мощность, Вт, не более		30
Габаритные размеры (ШхВхГ), мм		270 x 268 x 260
Масса, кг, не более		6,5

УСТРОЙСТВО НОРМАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОЕ (УНЦ-2)

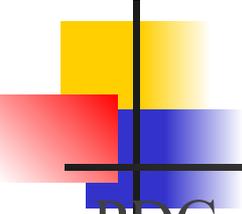


Устройство нормализации цифровое (УНЦ-2) предназначено для дискретизации аналогового сигнала и передачи полученных данных согласно стандарту IEC 61850-9-2 и IEC 61850-9-2LE.



ШЛЮЗ-КОНЦЕНТРАТОР ВЕКТОРНЫХ ДАННЫХ

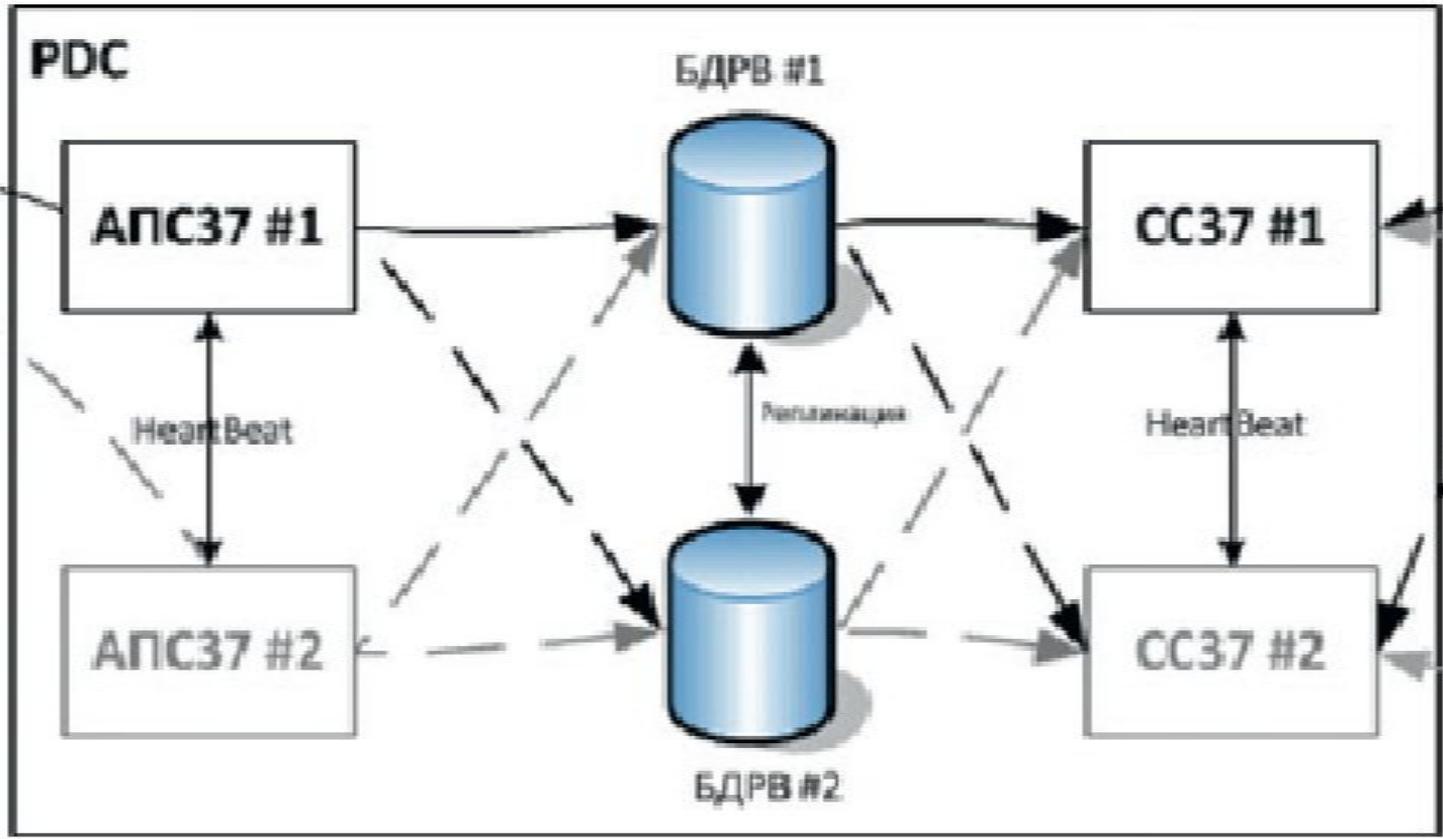
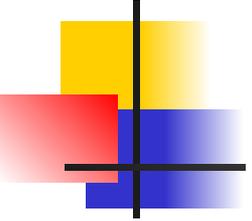
Концентратор векторных данных (Phasor Data Concentrator, PDC) предназначен для сбора синхронизированных векторных измерений с регистраторов СМПП, архивирования и передачи данных в диспетчерские центры или смежные энергообъекты с оптимизацией трафика.

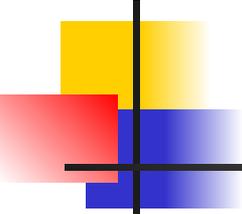


Устройство и принцип работы

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.

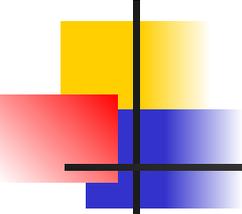
PDC получает от PMU фазные вектора (амплитуда, угол) тока и напряжения и частоту каждые 20 мс (50 раз в секунду). От PMU, установленных на генераторах также собираются напряжение и ток возбуждения. PDC выполняет расчет векторов прямой последовательности и вычисление активной и реактивной мощности. Затем, данные по протоколу С37.118 передаются в диспетчерский центр. Частота и количество передаваемых параметров настраиваются.





Основные функции

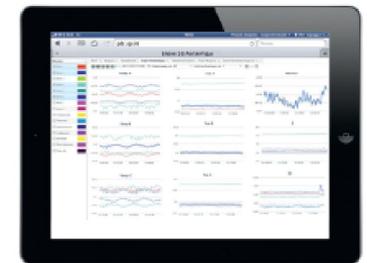
1. автоматический сбор синхронизированных векторных измерений с регистраторов СМПП в режиме реального времени по протоколу IEEE C37.118 (TCP, UDP);
2. вычисление дополнительных параметров (векторов прямой последовательности, мощностей, относительных углов);
3. передача данных в диспетчерские центры ОАО «СО ЕЭС» (АС СИ СМПП) в режиме реального времени с минимальными задержками в соответствии с настройками дискретности;
4. хранение собранной информации в базе данных в виде циклического (кольцевого) архива;
5. предоставление измерений, хранимых в базе данных, по запросу из диспетчерского центра;
6. выявление аварийных ситуаций и выхода измеряемых параметров за установленные пределы;
7. визуализация текущих и исторических данных.



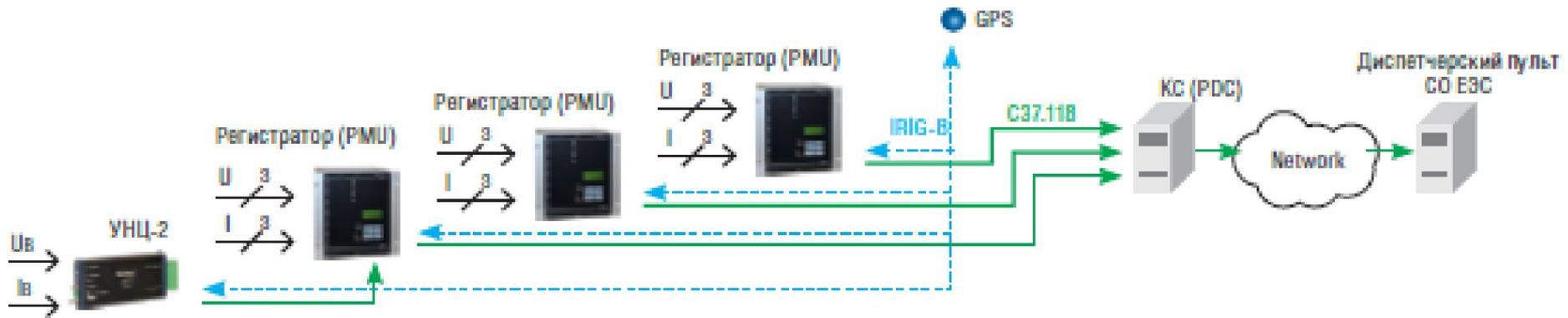
Графический пользовательский интерфейс

Пользовательский интерфейс PDC реализован в виде веб-приложения, не требующего инсталляции и доступного через браузер с персонального компьютера или мобильного устройства (смартфон, планшет) и позволяет:

1. просматривать текущие и исторические данные на временных графиках, радарных диаграммах, мнемосхемах, фазовых портретах и др.;
2. оповещать о выходе измеряемых параметров за установленные пределы;
3. выгружать данные в файл.



Структурная схема ПТК СМШР объекта



Перспективы применения WAMS

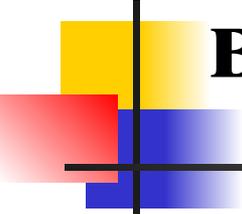
в распределительных сетях

Для обеспечения нормируемых показателей надежности электроснабжения и качества электроэнергии, учитывая необходимость сдерживания роста сетевых тарифов, потребуется изменить требования к проектированию РС. В частности, возможно снижение требований по обязательному строительству новых ЛЭП в тех случаях, когда дефицит баланса мощности на территории может быть закрыт путем присоединения РГ и/или посредством энергоэффективных технологий.

Новые условия функционирования РС будут характеризоваться повышенной скоростью реакций и сложностью, вызванных тем, что присоединяемая к сетям РГ располагает малыми постоянными инерции и разнородными локальными системами регулирования.

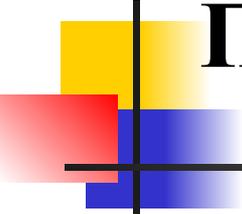
Перспективы применения WAMS

в распределительных сетях



Повышение динамичности и сложности объекта управления влечет за собой необходимость изменения оперативно-технологического и автоматического управления РС. Как следствие, в требованиях к проектированию РС повысится роль технических средств автоматического регулирования напряжения, компенсации реактивной мощности, управления качеством электроэнергии; противоаварийного и послеаварийного управления.

Потребуется повысить интеллектуальность управляющих системы РС. Для этого они должны быть обеспечены полной информацией, доставляемой с темпом, превышающим возможности SCADA-систем.



Прикладные функций СМЩР для РС

1. Детекция изолированных фрагментов энергосистемы
2. Мониторинг допустимых условий синхронизации островов.
3. Управление синхронизацией.
4. Мониторинг допустимых условий переноса точек секционирования сетевых транзитов
5. Мониторинг перегрузочной способности электротехнического оборудования по току и продолжительности работы при повышенных напряжениях
6. Мониторинг устойчивости нагрузки по напряжению
7. Мониторинг низкочастотных колебаний
8. Детекция присоединения к сети скрытой генерации
9. Обнаружение фактов образования гололеда, аномально высоких потерь на коронный разряд и иных утечек тока
10. Диагностика автотрансформаторов
11. Контроль достоверности ТС
12. Регулирование напряжения



Вспомогательные функции, реализуемые на основе РМУ-измерений

1. Определение фактических реакций параметров режима
2. Определение характеристик активной и реактивной нагрузки по напряжению и частоте
3. Расчет эмпирических зависимостей