



PS5 – S6-03



Развитие системы мониторинга переходных режимов (СМПР) в ОЭС Урала для оценки тяжести режима. Подходы и решения.

А.В. ЖУКОВ¹, А.М. ГЕЛЬФАНД², С.В. БРОВКО², В.В. КУРМАК²,
В.Г. НАРОВЛЯНСКИЙ²

ОАО «СО ЕЭС»¹, ОАО «Институт «Энергосетьпроект»²
Россия

narovliansky_v@oaoesp.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

СМПР, PMU, контролируемые сечения.

1 ВВЕДЕНИЕ

Одной из приоритетных задач управления режимом энергосистемы является возможно более полное использование пропускной способности электрической сети, характеристикой которой являются максимально-допустимые перетоки (МДП).

Развертывание системы мониторинга переходных режимов позволяет использовать для этих целей данные измерений регистраторов СМПР в режиме реального времени.

Технология синхронизированных по времени векторных измерений параметров электрического режима электроэнергетической системы развивается благодаря появлению так называемых «фазоров» PMU¹ - средств векторного измерения напряжения и тока в узлах и ветвях энергосистемы. Полученные фазором результаты привязываются к метке точного времени посредством использования технологии GPS²/ГЛОНАСС³.

В состав передаваемых в диспетчерский центр данных от регистраторов СМПР с каждого энергообъекта входят: метка времени, модуль напряжения на шинах, угол сдвига фазы напряжения относительно базовой синусоиды, формируемой по данным, получаемым от GPS или ГЛОНАСС, величины активной и реактивной мощности, частота.

С развитием СМПР появилась возможность получать более детальную информацию о параметрах установившихся и переходных режимов ЕЭС/ОЭС. Изучение этой информации дает новые сведения о динамических свойствах системы, позволяет совершенствовать расчетные модели, решать другие задачи по повышению качества и надежности управления режимами.

В период 2008 – 2009 г.г. на указанной технической базе была разработана, реализована и введена в эксплуатацию система мониторинга запасов устойчивости в северных районах Тюменской области.

Целью работы по развитию СМПР в ОЭС Урала являлось формирование основных технических решений по повышению пропускной способности системообразующей сети операционной зоны Филиала ОАО «СО ЕЭС» ОДУ Урала за счёт разработки и внедрения средств определения текущих значений запасов устойчивости системы мониторинга переходных режимов в Единой энергетической системе России (далее – ЕЭС России).

¹ PMU – Phasor Measurement Unit

² GPS - Global Positioning System

³ ГЛОНАСС - ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система

В докладе предложена новая методика выявления «слабых» участков в электроэнергетической системе, на которых целесообразно установка регистраторов СМПР. Приведены сведения об использовании этой методики в составе критериев по выбору мест расстановки. Предложено решение по расстановке регистраторов СМПР для ОЭС Урала.

2 ВЫЯВЛЕНИЕ ТОЧЕК МИНИМАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА МЕСТ УСТАНОВКИ РЕГИСТРАТОРОВ СМПР

Рассматриваемый метод позволяет выявить наличие и местоположение «слабых» участков в электроэнергетической системе, а именно, тех участков, текущий режим работы которых является потенциально опасным с точки зрения возможности нарушения устойчивости энергосистемы.

Пусть некоторая линия ограничена узлами с напряжениями $\dot{U}_1, \dot{U}_2$. Изменение напряжения вдоль линии зависит от величин и угла относительного поворота векторов $\dot{U}_1, \dot{U}_2$ и имеет вид:

$$\dot{U}_x = (1-x) \cdot \dot{U}_1 + x \cdot \dot{U}_2.$$

Распределение модуля квадрата напряжения вдоль линии является параболой. Решая уравнение $\partial(|\dot{U}(x)|^2)/\partial x = 0$, получим положение вершины параболы, т.е. точку минимума $x_{\min}$ квадрата модуля напряжения вдоль линии.

Если $x_{\min} \in [0;1]$, то эта точка лежит в пределах линии электропередачи. Такую точку будем далее называть точкой минимального напряжения (ТМН).

Если при этом выполняется дополнительное условие, а именно, реактивная мощность с обоих концов стекает в линию, то будем называть такую точку «значимой точкой минимального напряжения» (ЗТМН).

Наличие на линии электропередачи значимой точки минимального напряжения является предвестником проблем, которые могут возникнуть при увеличении потока мощности по этой линии.

Величина напряжения в такой точке снижается по мере увеличения относительного угла между векторами $\dot{U}_1, \dot{U}_2$. При достижении некоторого критического значения угла (вблизи 180°) точка минимального напряжения совпадает с электрическим центром качания.

Чтобы контролировать ситуацию, необходимо в режиме реального времени следить за изменением относительного угла и минимального напряжения на линиях с ЗТМН.

Показано, что выявление ТМН возможно задолго до приближения режима к потере устойчивости. Это предоставляет эффективный механизм для контроля состояния всей энергосистемы.

Выявление ЗТМН легко автоматизировать, используя информацию о векторах напряжений и токов в узлах электроэнергетической системы, которую можно получать от регистраторов СМПР в реальном времени или при численном расчёте режима на стадии проектирования.

Использование метода позволяет повысить эффективность и полноту выявления «слабых» участков электропередачи, и тем самым обеспечить повышение надежности управления режимом энергосистемы и работы защитной автоматики.

На рис. 1 для иллюстрации представлен фрагмент системообразующей сети 500 кВ ОДУ Урала с указанием контрольных сечений сети ОЭС Урала и выявленных линий с ЗТМН. Из рисунка видно, что совокупность выявленных линий соответствует множеству линий, пересекающих нормативные контрольные сечения.

Практическое совпадение этих двух групп позволяет заключить, что предлагаемый метод позволяет достоверно выявлять совокупность «слабых» участков сети, для которых целесообразно рассматривать вопрос об установке регистраторов СМПР для целей контроля МДП.

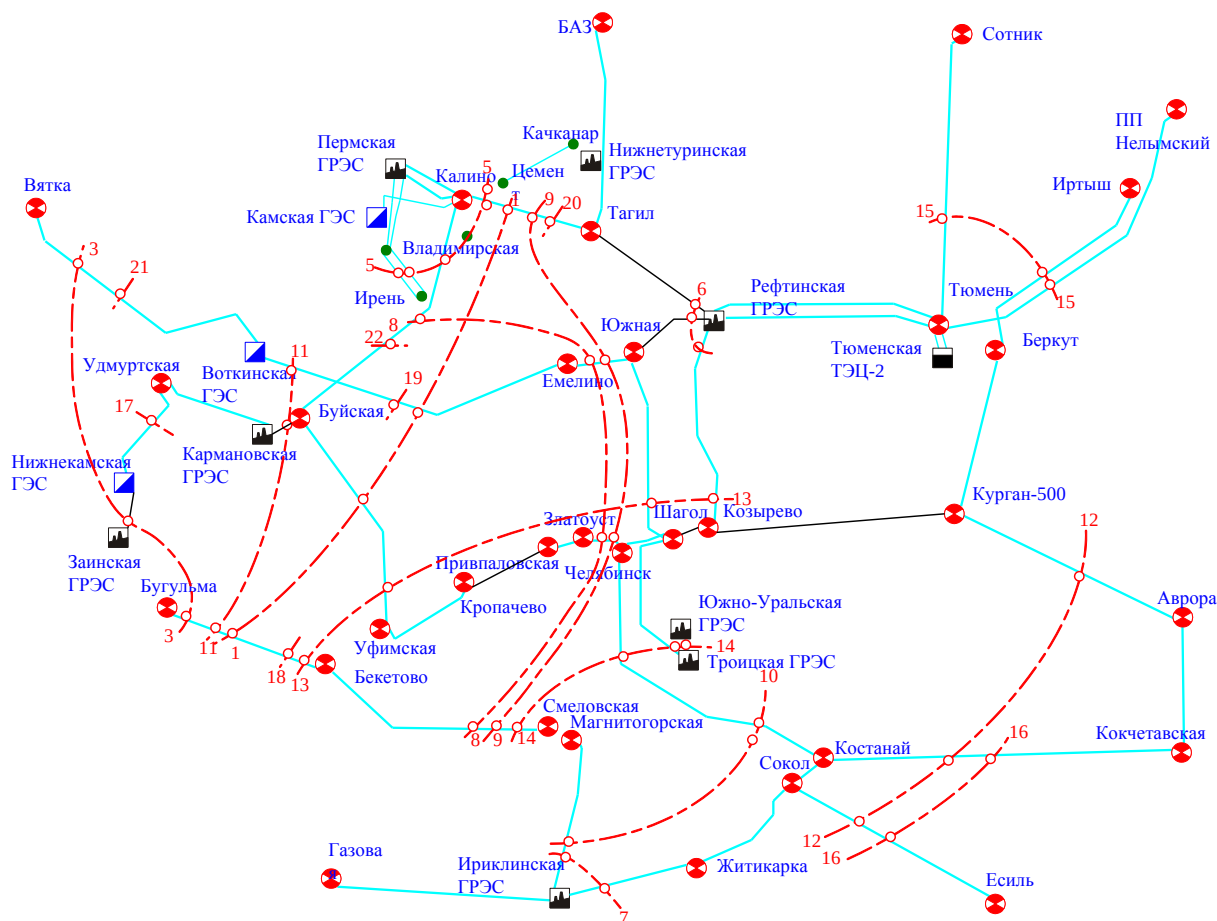


Рис. 1: Фрагмент системообразующей сети (синие сплошные линии – выявленные линии с ТМН, красные пунктирные линии – нормативные контролируемые сечения).

3 ТРЕБОВАНИЯ К РАССТАНОВКЕ РЕГИСТРАТОРОВ СМНР

Проектное решение по развитию СМНР ОЭС Урала учитывает результаты анализа режимов работы энергосистемы в нормальной и ремонтных схемах, требования нормативных документов [1], [2], перечень нормативных контрольных сечений ОЭС Урала [3], а также требований к получению информации от узлов, оказывающих наиболее существенное влияние на режим энергосистемы ОЭС Урала, другие аналитические материалы [4].

В результате работы были сформированы требования к расстановке регистраторов СМНР.

А) Регистраторы СМНР должны обеспечивать контроль:

- 1) электростанций, существенно влияющих на изменение характеристик режима энергорайонов,
- 2) подстанций, фазовые углы которых характеризуют состояние режима энергорайонов,
- 3) межсистемных и межгосударственных линий ОЭС Урала.

В) Регистраторы СМНР должны устанавливаться:

- 1) на электростанциях мощностью от 500 МВт, если на присоединяемой линии имеется ТМН и/или контролируемое сечение и не имеется электрически близкой электростанции мощностью от 900 МВт,
- 2) на атомных электростанциях,
- 3) на электростанциях мощностью от 500 МВт, если на присоединяемой линии имеется ТМН и/или контролируемое сечение и если на противоположном конце линии не имеется регистратора СМНР,

4) на подстанциях 500 кВ (исключая переключательные пункты), если на присоединяемой линии имеется ТМН и/или контролируемое сечение и если на противоположном конце линии не имеется регистратора СМНР,

5) на подстанциях 500 кВ с нагрузкой от 500 МВт, если рядом нет энергообъекта с установленным регистратором СМНР.

С) Регистраторы на электростанциях должны контролировать следующие присоединения:

- 1) линии, входящие в контрольные сечения,
- 2) линии высокого напряжения 500 кВ (в случае отсутствия линий этого класса – линии выдачи мощности другого класса напряжений).

Д) Регистраторы на подстанциях должны контролировать следующие присоединения:

- 1) линии системообразующей сети,
- 2) нагрузку на подстанциях.

На рис. 2 представлена диаграмма принятия решения о необходимости установки регистраторов СМНР на электроэнергетических объектах.

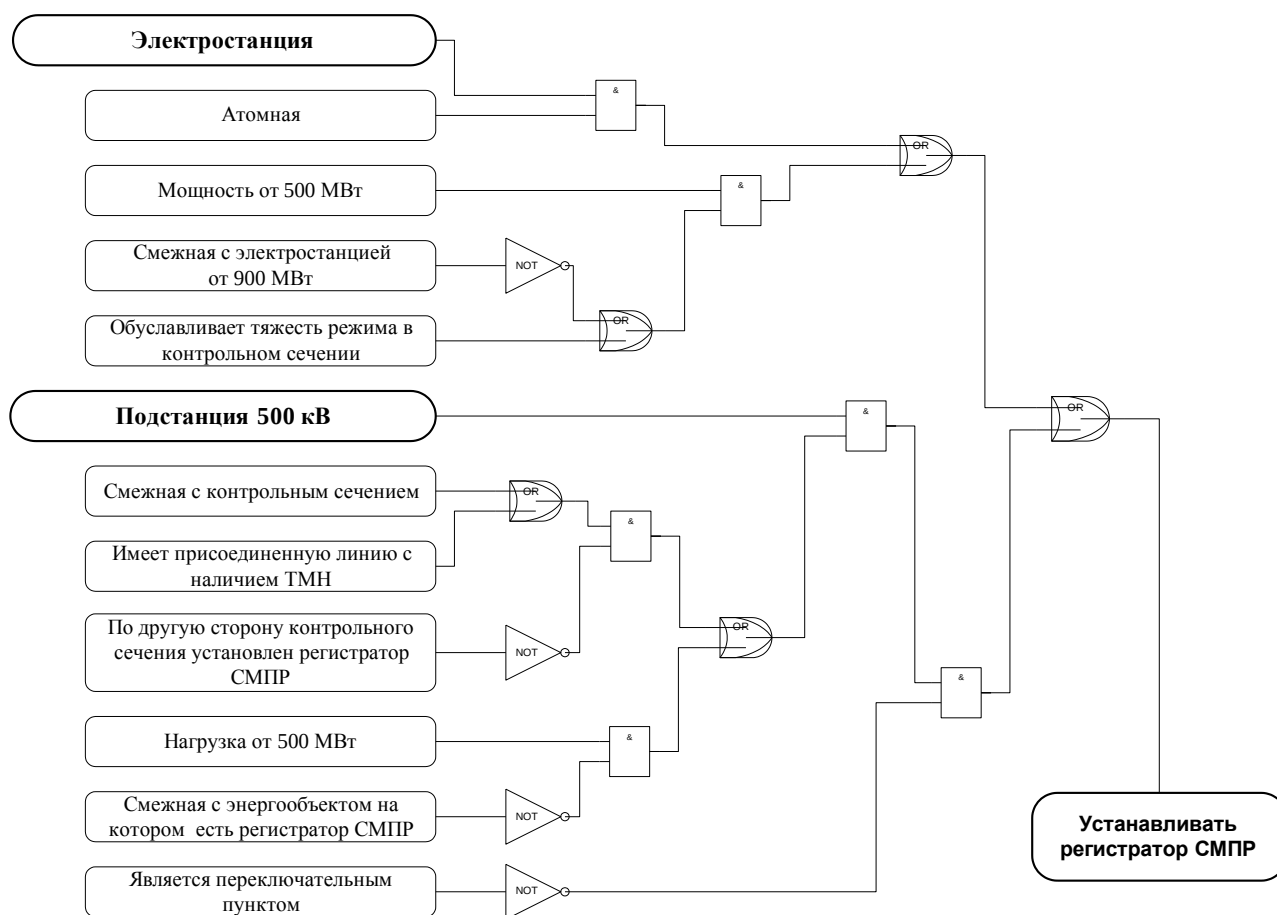


Рис. 2: Диаграмма принятия решения по необходимости установки регистраторов СМНР на электроэнергетических объектах

Рис. 3 иллюстрирует результаты решения задачи по расстановке регистраторов СМНР в ОЭС Урала.

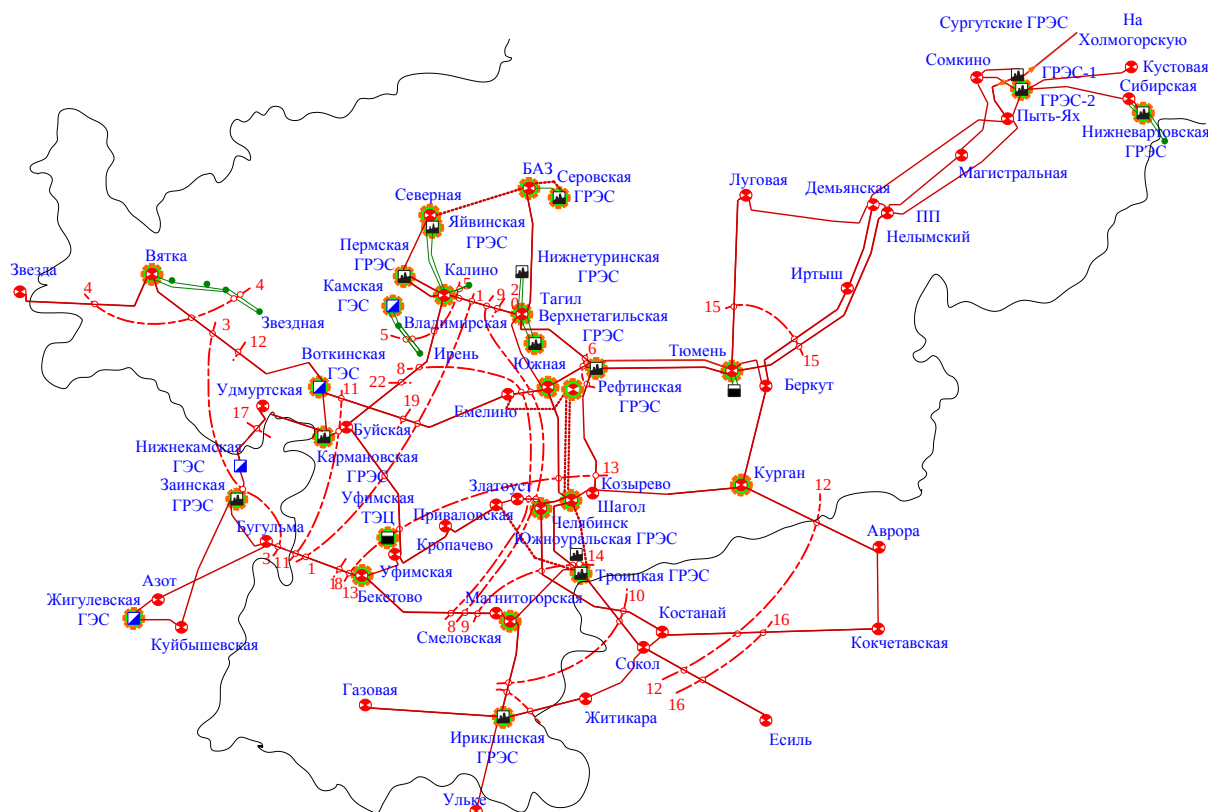


Рис. 3: Проектное решение по расстановке регистраторов СМПП

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение СМПП позволяет:

- 1) наиболее полно использовать пропускную способность электрической сети ОДУ Урала посредством управления режимом с учётом актуальных на текущий момент ограничений с обеспечением нормативных запасов устойчивости;
- 2) обеспечить диспетчера средствами определения в режиме реального времени допустимых перетоков активной мощности в электрической сети;
- 3) повысить точность решения задачи оценивания состояния энергосистемы с использованием измерений фазовых углов напряжений;
- 4) обеспечить эффективное оперативно-диспетчерское управление электрическим режимом при поддержании требуемого уровня надёжности функционирования ОЭС.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стандарт организации. ОАО «СО ЕЭС» СТО 59012820.29.240.008-2008. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Условия организации процесса. Условия создания объекта. Нормы и требования.
- [2] Методические указания по устойчивости энергосистем. СО 153-34.20.576-2003 (РД 34.20.576). ОАО «СО ЕЭС», Стандарт организации.
- [3] Инструкция по режимам работы электрической сети 500 кВ ОЭС Урала. ОДУ Урала. Екатеринбург 2009 г.
- [4] Материалы заседания секции Научно-технического совета Единой энергетической системы. Москва. 15 марта 2010 г.