



PS2 – S4-03



Координация оперативного и противоаварийного управления совместно работающими энергообъединениями

Н.И. ВОРОПАЙ¹, К. РЕТАНЦ²

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН¹,

Технический университет Дортмунда²

Россия¹, Германия²

voropai@ieee.org

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Совместно работающие энергообъединения, оперативное управление, противоаварийное управление, координация, интеллектуальные технологии.

1 ВВЕДЕНИЕ

Закономерности развития электроэнергетических систем (ЭЭС) и изменения условий их функционирования привели к существенным трансформациям в структуре систем и режимах их работы. Эти трансформации обусловлены следующими факторами:

- увеличением масштабов ЭЭС, расширением обслуживаемых ими территорий, объединением на совместную работу различных ЭЭС с формированием межрегиональных, межгосударственных и межконтинентальных энергообъединений;
- децентрализацией электроснабжения в связи с расширением использования источников распределенной генерации, подключаемых к узлам распределительной электрической сети;
- реструктуризацией электроэнергетики, в результате которой ее структура часто коренным образом отличается от технологической структуры ЭЭС как технически единого объекта и от структуры технологического управления этим объектом;
- либерализацией отношений в электроэнергетике, в результате которой возникает множество субъектов отношений с несовпадающими, часто противоречивыми интересами в процессе развития, функционирования и управления ЭЭС.

Все эти факторы существенно усложняют режимы работы ЭЭС, повышают их динамичность и непредсказуемость, увеличивают опасность тяжелых аварий с нежелательным развитием и массовыми последствиями для системы и потребителей и поэтому требуют более оперативной и адекватной реакции систем управления. Это вызывает необходимость совершенствования и развития принципов и систем управления режимами ЭЭС [1], в процессе которого следует использовать:

- новые средства измерения параметров режима ЭЭС (Phazor Measurement Unit – PMU) и управления ими (Flexible Alternating Current Transmission System – FACTS, накопители энергии и др.), радикально повышающие наблюдаемость и управляемость ЭЭС;
- современные средства коммуникаций, новые информационные технологии и методы искусственного интеллекта, высокоэффективные компьютерные средства, принципиально изменяющие процессы сбора, обработки, передачи, представления (визуализации) и использования информации об ЭЭС;
- эффективные математические методы теории управления в многокритериальных противоречивых условиях.

Совместная работа энергообъединений регионов или стран в составе протяженного суперэнергообъединения, практическая необозримость информации о его текущем состоянии, различия в принципах управления режимами и в используемых программных средствах в разных энергообъединениях, конфиденциальность некоторой части информации заставляют в процессе совершенствования и развития систем управления режимами ЭЭС использовать распределенные алгоритмы обработки информации о состоянии системы и выработки управляющих воздействий.

Современные средства измерения параметров режима ЭЭС и управления ими, новые средства коммуникаций и обработки информации и др. позволяют на новой основе и с существенно большей эффективностью построить один из важнейших этапов управления режимами ЭЭС – оперативное и противоаварийное управление ими.

Изложенные подходы раскрываются далее в данной статье и являются базой для разрабатываемого международным консорциумом организаций международного проекта "Интеллектуальная координация оперативного и противоаварийного управления энергообъединениями Европейского Союза и России" (проект ICOEUR) [2]. Проект выполняется в соответствии с 7-й рамочной программой сотрудничества Европейского Союза и России в области энергетики и Федеральной целевой программой "Исследования и разработки в приоритетных областях научно-технологического комплекса России на 2007-2012 гг." В статье дается краткая характеристика проекта и ожидаемых результатов его выполнения.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Система мониторинга и прогнозирования режимов ЭЭС и управления ими

Временная последовательность отдельных этапов мониторинга и прогнозирования режимов и управления ими показана на рис. 1. По сути, эта совокупность этапов представляет собой комплексную систему, обеспечивающую устойчивость, живучесть и управляемость современных ЭЭС, при этом с точки зрения эффективности решения этой комплексной проблемы актуальной задачей является существенное повышение адаптивности управления и расширение и углубление координации этапов, средств и систем управления режимами.

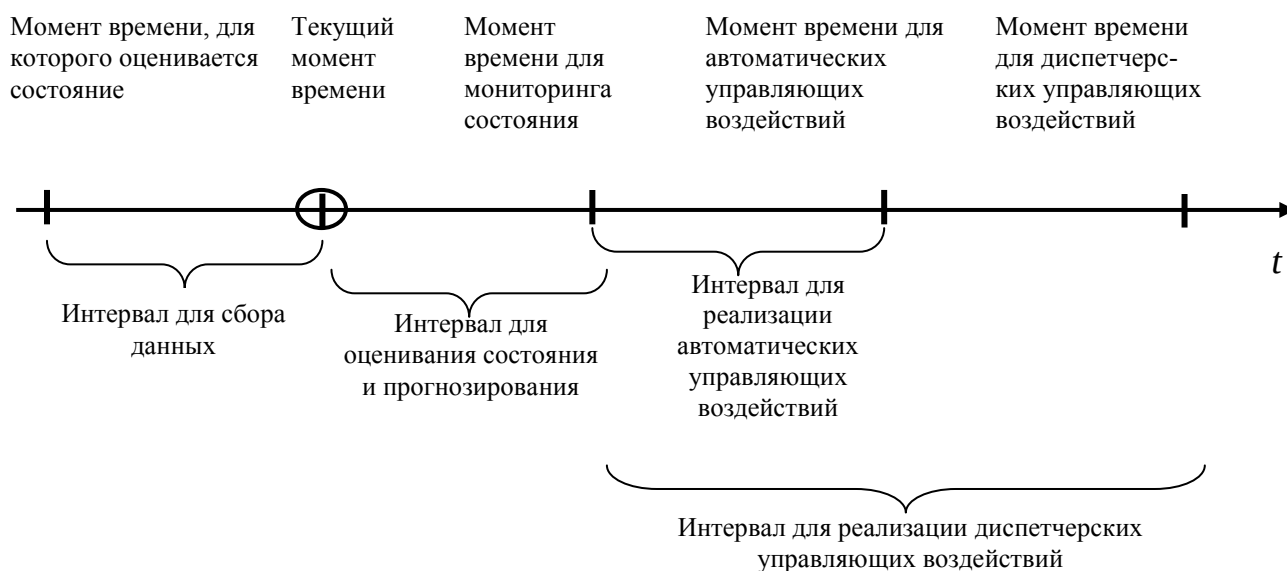


Рис. 1: Временная диаграмма событий системы мониторинга, прогнозирования и управления в ЭЭС

На рис. 2 показаны состояния ЭЭС и соответствующие этим состояниям блоки задач мониторинга режимов, прогнозирования режимов и управления режимами [1]. В состав блоков мониторинга и прогнозирования нормальных, предаварийных и послеаварийных режимов ЭЭС входят следующие задачи:

- оценивание состояния системы;

- прогнозирование параметров предстоящего режима; оно необходимо в связи с тем, что оценивание состояния дает текущую оценку режима с определенным запаздыванием (см. рис. 2), в то время как для задач мониторинга и управления требуется некоторое упреждение оценки состояния системы ("управлять – значит предвидеть"), при этом для этих двух блоков задач упреждение должно быть различным;
- оценка слабых мест в системе в предстоящем режиме;
- оценка пропускных способностей связей в предстоящем режиме; она нужна для эффективного использования запасов в оперативном режиме и при автоматическом управлении путем соответствующих управляющих воздействий;
- визуализация предстоящего режима;
- определение показателей и критериев перехода из нормального в предаварийный режим и обратно, а также из послеаварийного режима в нормальный.

Перечисленные задачи имеют определенную специфику для нормальных режимов, с одной стороны, и предаварийных и послеаварийных режимов, с другой. В предаварийном и

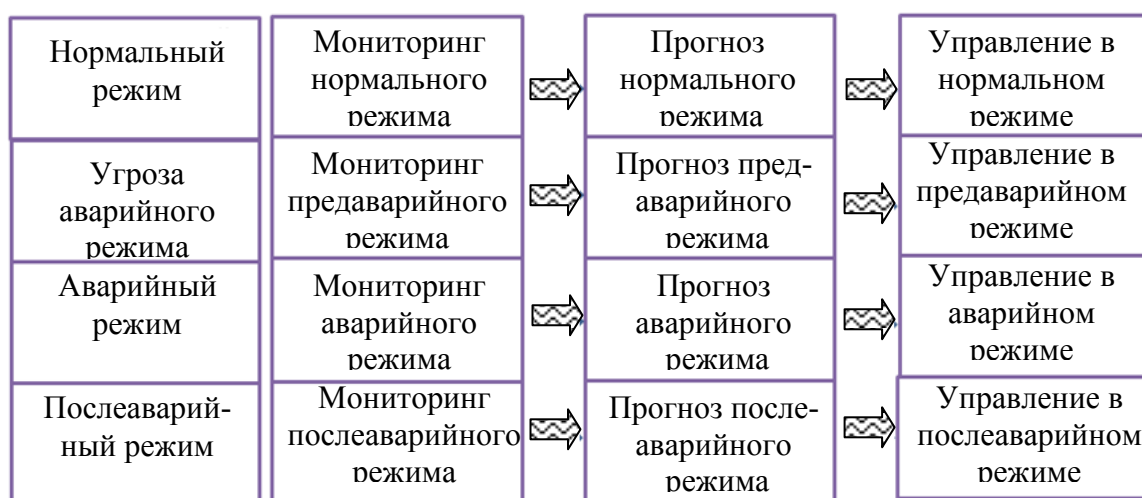


Рис. 2: Соответствие состояний ЭЭС и блоков задач мониторинга и прогнозирования режимов и управления ими

послеаварийном (при восстановлении системы) режимах требуются большее быстроедействие алгоритмов и меньшие интервалы времени между отдельными состояниями, для которых решаются задачи мониторинга и управления, чем в нормальных режимах.

Отдельную проблему составляет мониторинг аварийного режима. Учитывая динамический характер аварийного режима, результаты мониторинга должны представляться диспетчеру очень оперативно, в интегрированном виде, с указанием мест в системе, опасных с точки зрения нежелательного развития аварии. Основная же информация, получаемая в результате мониторинга аварийного режима, должна поступать на автоматические средства и системы управления с целью их адаптации к текущим параметрам аварийного режима ЭЭС.

Помимо мониторинга и прогнозирования режимов, важную роль в плане повышения адаптивности управления имеет использование эффективных адаптивных методов и алгоритмов выбора мест приложения и дозировок управляющих воздействий на основе новейших достижений теории управления и искусственного интеллекта, реализуемых диспетчером и системами автоматического управления и обеспечивающих адаптацию управлений к текущему состоянию системы и возможным возмущениям.

Существенное расширение и усиление координации управления необходимо в следующих направлениях [1]:

- а) Расширение координации управления режимами ЭЭС:
 - во временном разрезе – от координированного проектирования систем управления до реализации управляющих воздействий диспетчерскими и автоматическими средствами;

– в ситуативном плане – координация оперативного диспетчерского, непрерывного автоматического и дискретного противоаварийного управления.

б) Развитие и расширение номенклатуры средств координированного управления режимами ЭЭС:

– развитие традиционных средств – систем управления возбуждением и мощностью синхронных машин, противоаварийной автоматики и др.;

– использование новых средств измерения и управления – PMU, FACTS, накопителей энергии и др.

в) Распространение и развитие принципов и систем координированного оперативного диспетчерского и противоаварийного управления на распределительные электрические сети, содержащие установки распределенной генерации.

г) Согласование коммерческих интересов субъектов рынков электроэнергии, мощности и системных услуг и необходимости обеспечения системной надежности и живучести ЭЭС.

д) Формирование новых критериев и разработка новых методов мониторинга и прогнозирования режимов и управления ими с целью обеспечения эффективности координированного управления для всех субъектов оптового рынка, системной надежности и живучести ЭЭС.

2.2 Международный проект ICOEUR

Международный проект ICOEUR "Интеллектуальная координация оперативного и противоаварийного управления энергообъединениями Европейского Союза и России" [2] имеет две основные цели:

– развитие методов и средств для интеллектуального и надежного мониторинга и управления большими ЭЭС и, особенно, их объединениями;

– обоснование направлений технически и экономически оптимальной реализации будущего суперэнергообъединения ЭЭС Европейского Союза и России.

Относительно сформулированных главных целей проекта необходимо сделать два замечания. Первое связано с тем, что интеллектуальный мониторинг и управление означают широкое использование современных методов и средств компьютерных технологий и искусственного интеллекта для мониторинга ЭЭС и управления ими. Второе замечание определяет взаимосвязь обеих целей в том плане, что, несмотря на их равноправность, вторая цель должна реализовываться с учетом эффективности разрабатываемых методов и средств мониторинга режимов ЭЭС и управления ими. В целом в результате реализации проекта предполагается достичь определенной сопоставимости рекомендуемых методов и компьютерных средств, включая техническое оснащение, а также принципов и процедур мониторинга и управления применительно к энергообъединениям Европейского Союза и России в случае их объединения на совместную работу.

Проект ICOEUR предполагает решение следующих задач:

- разработка принципов построения и структуры распределенной иерархической системы сбора и обработки данных о текущем состоянии ЭЭС с использованием традиционных средств измерения и устройств PMU и концентраторов данных (см. рис. 3);
- разработка методов и программных средств для реализации распределенной иерархической системы широкомасштабного мониторинга режимов энергообъединений на основе оценивания состояния, прогнозирования и визуализации параметров режима ЭЭС;
- разработка методов и программных средств для реализации распределенной иерархической системы оперативного управления режимами совместно работающих энергообъединений на базе оценивания состояния и прогнозирования параметров режима ЭЭС с использованием методов оптимизации режимов;
- разработка методов и программных средств для реализации распределенной иерархической системы противоаварийного управления совместно работающими энергообъединениями на основе оценивания состояния, прогнозирования параметров режима ЭЭС, принципов адаптации и координации средств и систем противоаварийного управления;

- формирование технологии скоординированного интеллектуального оперативного и противоаварийного управления совместно работающими энергообъединениями на базе распределенной иерархической системы оценивания состояния ЭЭС, прогнозирования параметров режима, оптимизации режимов системы и противоаварийного управления ЭЭС.

Реализация перечисленных задач позволит обеспечить работоспособность распределенной иерархической системы оперативного и противоаварийного управления совместно работающими энергообъединениями за счет координации и адаптивности управления на различных уровнях, повышения эффективности решения задач управления на основе использования современных методов, информационных технологий, компьютерных средств и технических решений.

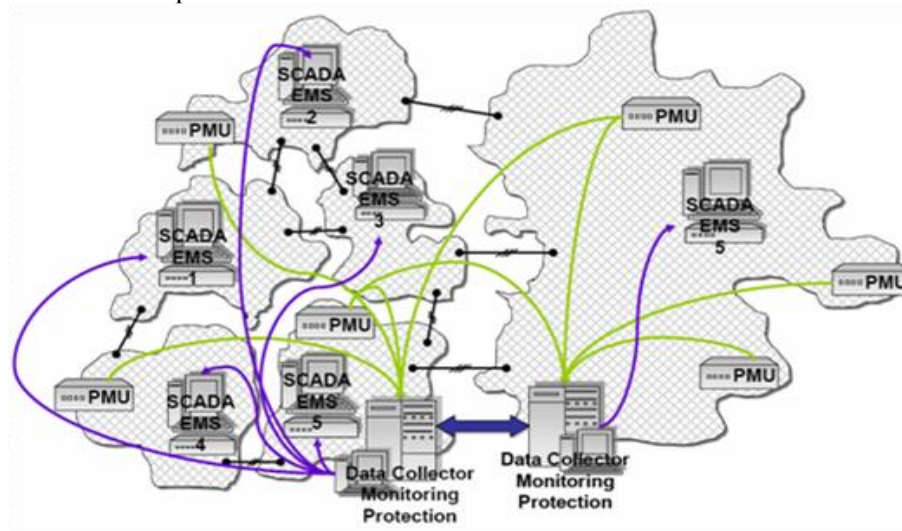


Рис. 3: Структура информационных обменов в системе актуализации данных о состоянии ЭЭС.

2.3 Цели и ожидаемые результаты

Эффективное и надежное функционирование больших объединений ЭЭС возможно при удовлетворении следующих требований:

- Отличительный выбор способа объединения ЭЭС и технологий, используемых в процессе развития электроэнергетики;
- Эффективные мониторинг и управление режимами ЭЭС и энергообъединения в целом;
- Развитые и эффективные системы противоаварийного управления ЭЭС всех партнеров энергообъединения в критических и аварийных ситуациях.

Структура проекта ICOEUR в виде рабочих пакетов и взаимосвязей между ними показана на рис. 4. Рассмотрим цели и ожидаемые результаты по этим рабочим пакетам.

Первый рабочий пакет связан с определением требований к усилению и развитию объединяемых ЭЭС партнеров – Европейского Союза и России – как в части средств формирования передающих электрических сетей и связей интерфейса между объединяемыми системами, так и в части технологий и средств мониторинга режимов ЭЭС и управления ими. Кроме того, требования к совместно работающему энергообъединению могут быть связаны с особенностями электроэнергетических рынков партнеров, анализ которых предусмотрен в рассматриваемом рабочем пакете. Еще одна из задач первого рабочего пакета связана с разработкой реалистичной модели энергообъединений Европейского Союза и России.

Целью второго рабочего пакета является выбор и исследования технологий оптимального развития объединяемых ЭЭС и связей интерфейса между объединяемыми системами. Исследования включают анализ режимов объединяемых систем и энергообъединения в целом, анализ устойчивости энергообъединения и его частей, а также эффективности средств обеспечения устойчивости. Рабочий пакет предусматривает, кроме того, оценки затрат и выгод от реализации объединения ЭЭС Европейского Союза и России.

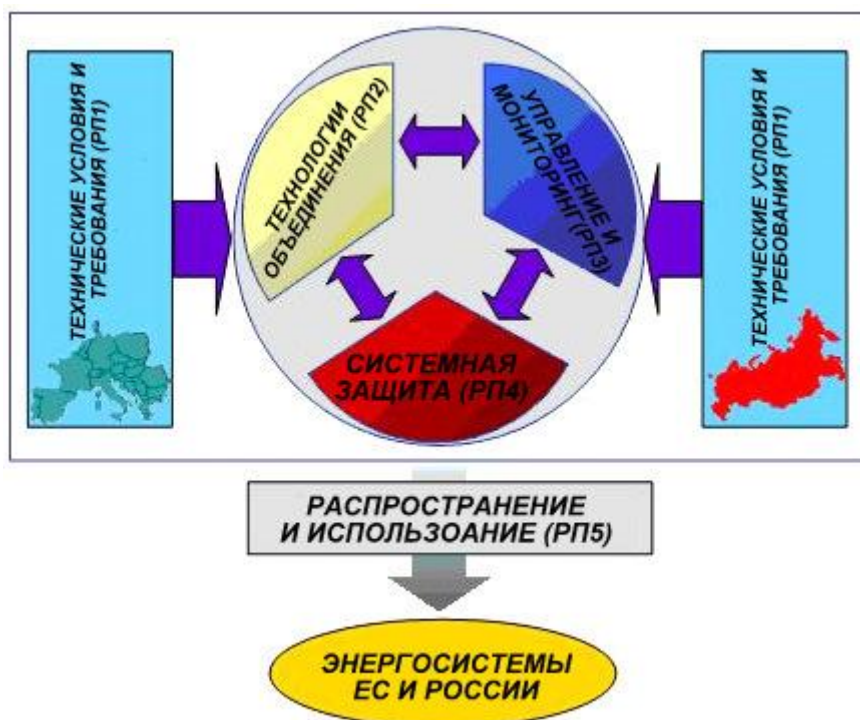


Рис.4: Структура проекта ICOUR

Третьим рабочим пакетом предусматривается разработка согласованных процедур и методов мониторинга режимов ЭЭС и оперативного управления ими. Рассматриваются возможности реализации средств коммуникаций и обмена данными между центрами управления. Предлагается распределенная система информационного обеспечения, мониторинга режимов ЭЭС и управления ими [3], разрабатываются соответствующие распределенные алгоритмы оценивания состояния ЭЭС и оптимизации их режимов. Реализация этого подхода предусматривается в виде распределенных WAMS и WACS, эффективность которых должна быть показана на разработанной в рамках первого рабочего пакета модели энергообъединения.

Четвертый пакет связан с проблемами обеспечения надежности работы ЭЭС энергообъединения и противоаварийного управления ими. Разрабатываются методы оценки надежности работы ЭЭС и операционных рисков недостаточной надежности. Получают развитие методы предотвращения развития возмущений и деления ЭЭС при неблагоприятном развитии возмущений. Разрабатывается прототип системы программных средств для анализа режимов больших ЭЭС и управления ими (Energy Management System – EMS).

Пятый рабочий пакет имеет вспомогательное значение и связан с осуществлением взаимодействия организаций, участвующих в работе над проектом, в рамках соответствующего консорциума, а также с представлением результатов проекта внешним субъектам, потенциально заинтересованных в этих результатах.

Выполнение запланированных исследований позволяет достичь целей, предусмотренных в проекте.

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие ЭЭС идет по пути их объединения на совместную работу и создания межрегиональных, межгосударственных и межконтинентальных суперэнергообъединений. Совместная работа энергообъединений, имеющих различающиеся принципы, процедуры и правила управления их режимами, требует координации управления с целью достижения эффективности функционирования, системной надежности и живучести такого суперэнергообъединения. Разрабатываемая в рамках международного проекта ICOUR технология скоординированного интеллектуального распределенного оперативного и

противоаварийного управления совместно работающими энергообъединениями позволит облегчить решение рассматриваемой проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Воропай Н.И. Задачи повышения эффективности оперативного и противоаварийного управления электроэнергетическими системами // Энергоэксперт. 2009. №4. С. 36-41.
- [2] Rehtanz C., Voropai N.I. Intelligent coordination of operation and emergency control of EU and Russian power grids: Key reasons and principles of ICOEUR project // Int. Conf. “Liberalization and Modernization of Power Systems: Coordinated Monitoring and Control towards Smart Grids” Proceedings, (13-17 July 2009). P. 8-15.
- [3] Voropai N.I., Rehtanz C., Soukhanov O.A. Coordinated monitoring, forecasting and control in interconnected electric power grids // IEEE PowerCon 2010 Proceedings (24-28 October 2010). 5p.