

# Моделирование всережимного функционирования в реальном времени интеллектуального района энергосистемы<sup>1</sup>

БОРОВИКОВ Ю.С.

*Обсуждаются результаты моделирования всережимного функционирования в реальном времени интеллектуального района энергосистемы и средства их получения, составляющие в совокупности методическую и программно-техническую основу для решения задач проектирования, исследования и последующей эксплуатации интеллектуальных энергорайонов, активно-адаптивных электрических сетей и интеллектуальных энергосистем.*

**Ключевые слова:** энергосистема, интеллектуальный энергорайон, целенаправленное управление, всережимное моделирование, реальное время

Одна из актуальных проблем современного развития и совершенствования энергосистем, связанная с тенденцией внедрения средств и технологий FACTS, создания на этой основе активно-адаптивных электрических сетей (ААС) и в последующем интеллектуальных энергосистем (ИЭС), — решение ряда сложных и нестандартных задач, главными из которых являются:

определение наиболее эффективных видов, состава и мест установки средств FACTS;

разработка информационно-управляющих систем и законов целенаправленного управления средствами FACTS, обеспечивающих достижение задаваемых целей: уровней напряжения, потерь мощности и др. в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах работы ААС и ИЭС.

Ввиду сложности и недостаточного исследования этих задач проблема в целом реализуется постепенно и поэтапно, в частности путем пилотного проектирования сначала интеллектуальных энергорайонов или систем электроснабжения в существующих традиционных энергосистемах и их всестороннего исследования. Однако и при таком подходе решение проблемы значительно осложняется требованиями к средствам моделирования энергосистем, которые весьма актуальны и при моделировании обычных энергосистем, а для решения поставленных задач становятся обязательными. Эти требования обусловлены спецификой средств FACTS, ААС и ИЭС в целом:

*The results obtained from real-time simulation of all-variable operating modes of a power system's intellectual area are discussed together with tools for obtaining such results. The totality of these tools and results form a methodical and computer-aided basis for solving problems concerned with design, investigation, and subsequent operation of intellectual power system areas, active-adaptive electric networks, and intellectual power systems.*

**Key words:** power system, intellectual power system area, purpose-oriented control, all-variable simulation, real time

быстродействием современных средств FACTS; междуфазными режимами работы ряда устройств FACTS;

необходимостью взаимосвязанного моделирования ААС и ИЭС с учетом реальных ИУС и систем автоматического управления (САУ) устройствами FACTS;

необходимостью учета динамики узлов нагрузки, в том числе их графиков.

Совокупность этих и других требований исключает применение известных в настоящее время многочисленных компьютерных программ, упрощений и ограничений для математических моделей энергосистем и условий их решения.

Решение прежде всего указанных, а также широкого спектра других сложных задач проектирования, исследования, развития, совершенствования и эксплуатации энергосистем, ААС и ИЭС обеспечивает специализированная многопроцессорная программно-техническая система гибридного типа — всережимный моделирующий комплекс реального времени интеллектуальных энергосистем (ВМК РВ ИЭС)\*. Ниже это проиллюстрировано на примере проектируемого в настоящее время пилотного интеллектуального энергокластера, однолинейное изображение трехфазной схемы всережимного моделирования в реальном времени которого с учетом прилегающего района энергосистемы представлено на рис. 1.

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука» 7.2826.2011 «Разработка и создание гибридной модели энергоблоков электростанций».

\* Боровиков Ю.С. Концепция адекватного моделирования интеллектуальных энергосистем. — Изв. вузов. Электромеханика, 2011, № 6.

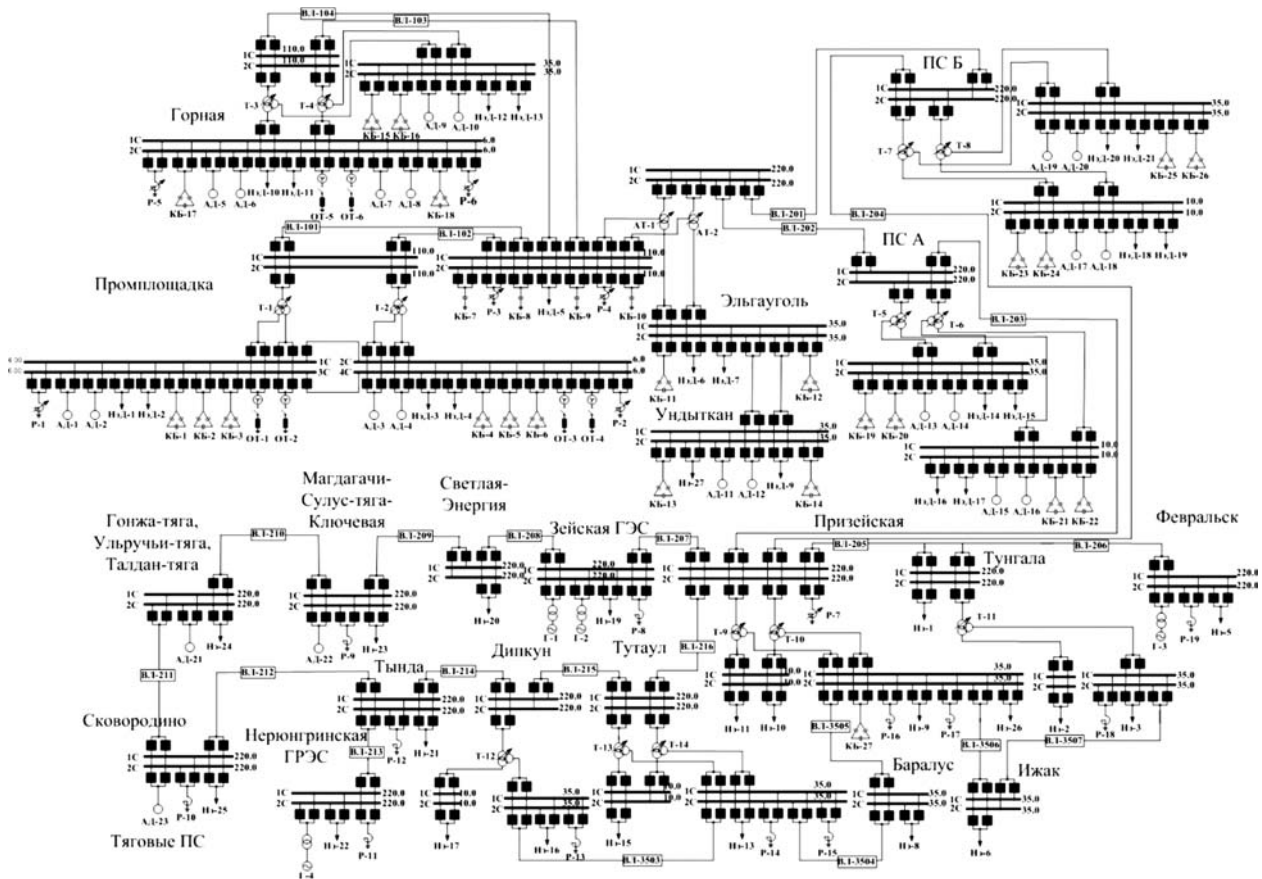
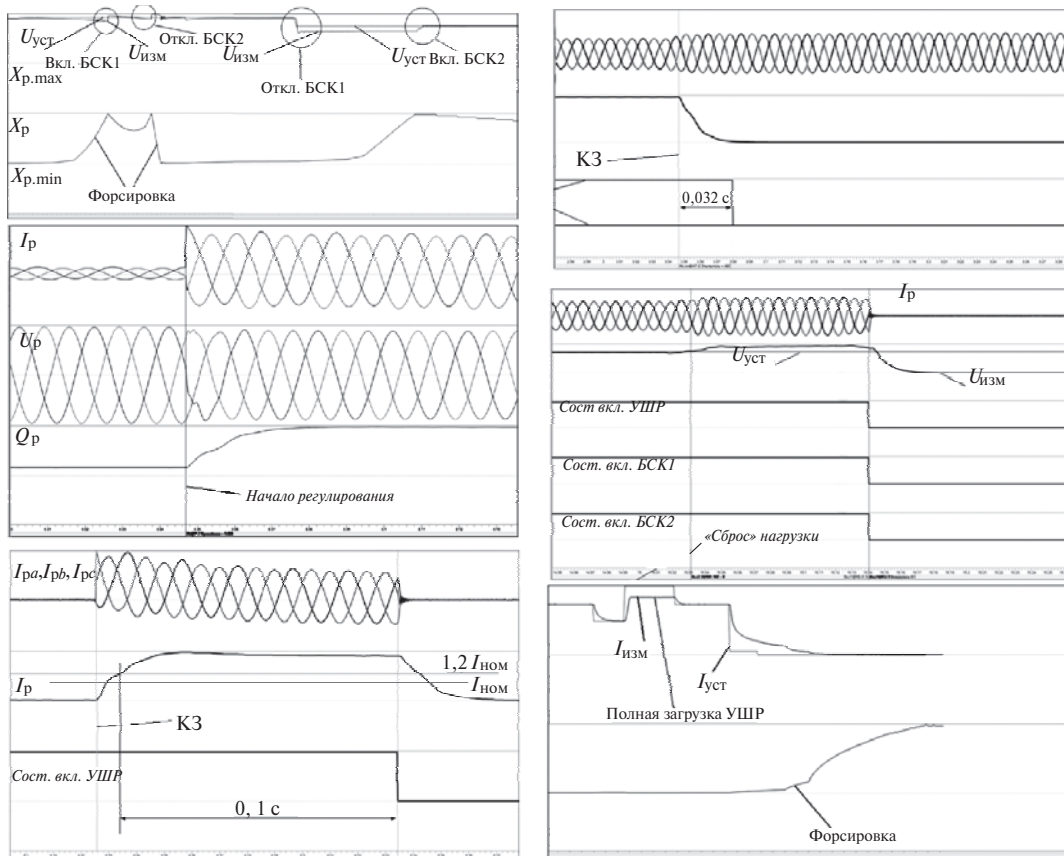


Рис. 1. Однолинейное изображение трехфазной схемы всережимного моделирования в реальном времени интеллектуального энергокластера и прилегающего района энергосистемы



(Продолжение рисунка на с. 62)

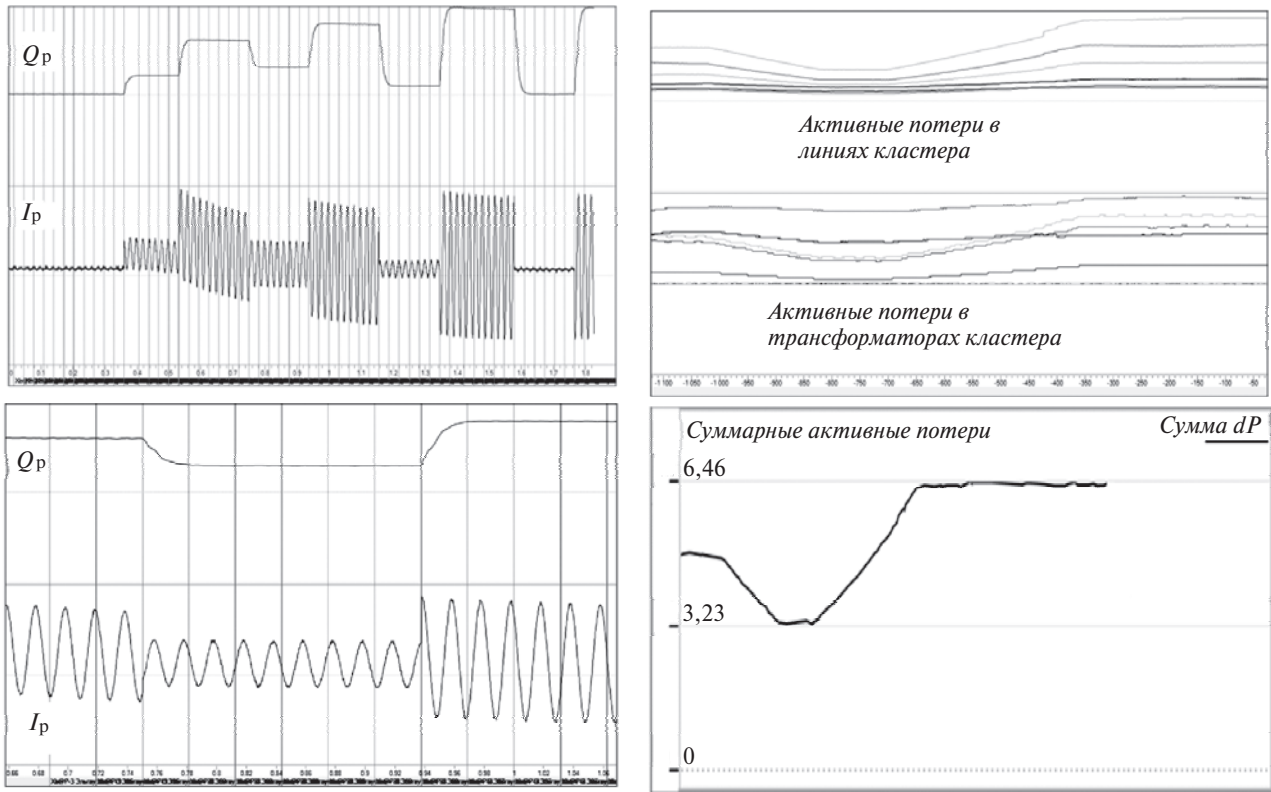


Рис. 2. Осциллограммы, иллюстрирующие целенаправленное всережимное функционирование в реальном времени СКРМ:  $X_p$ ,  $I_p$ ,  $U_p$ ,  $Q_p$  – индуктивное сопротивление, ток, напряжение, реактивная мощность УШР

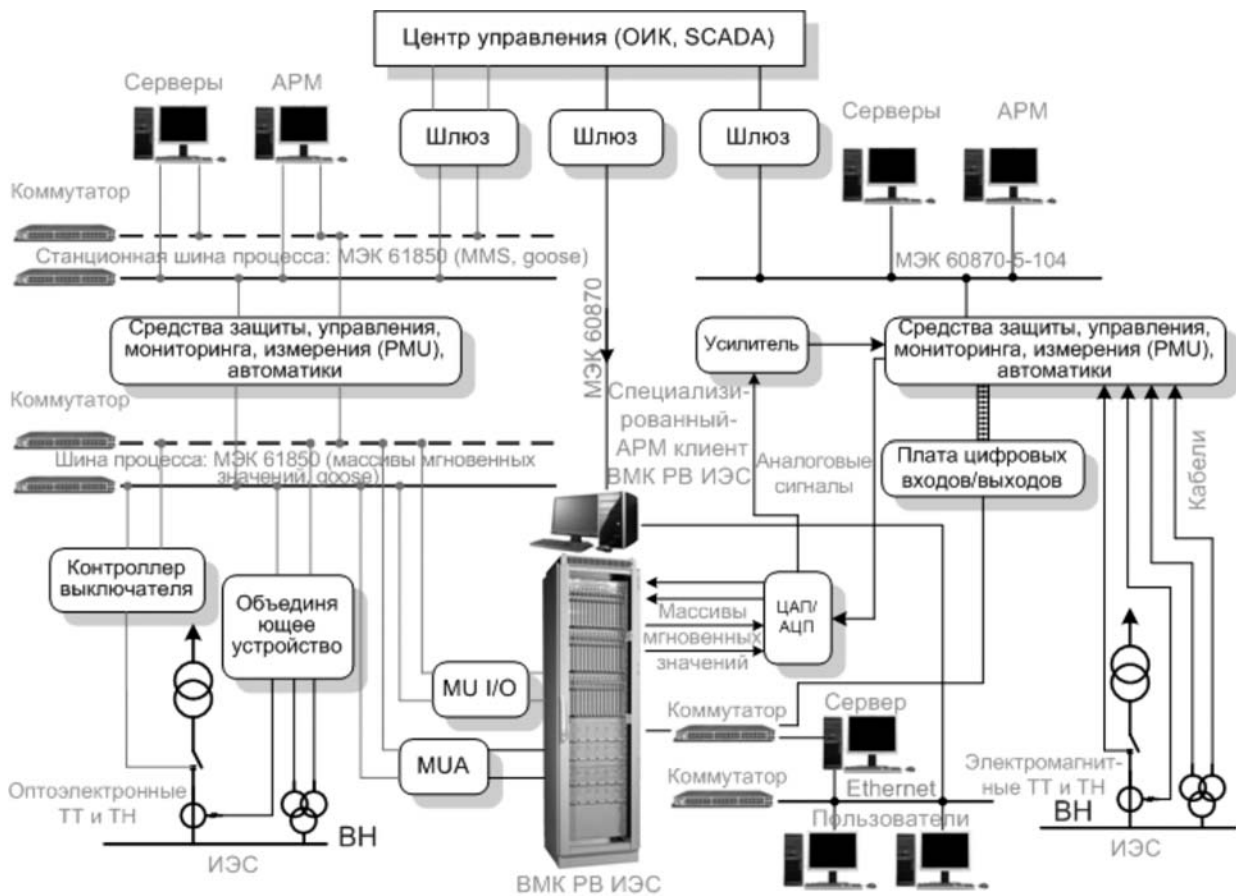


Рис. 3. Структурная схема информационно-управляющих взаимодействий ВМК РВ ИЭС с внешними реальными средствами ИУС ИЭС, САУ FACTS, РЗ и ПА, ОИК (SCADA)

Обозначенные на схеме управляемые шунтирующие реакторы (УШР) со своими САУ и переключаемые конденсаторные батареи (БСК) образуют средства компенсации реактивной мощности (СКРМ). Целенаправленное управление ими и коэффициентами трансформации трансформаторов с помощью автоматических регуляторов (АРКТ) должно осуществляться создаваемой ИУС энергокластера, обеспечивающей задаваемые уровни напряжений, минимизацию потерь мощности и необходимую устойчивость узлов двигательной нагрузки. Основные фрагменты результатов взаимосвязанных исследований на ВМК РВ ИЭС всережимного моделирования в реальном времени функционирования СКРМ, ИУС, интеллектуального энергокластера и прилегающего района энергосистемы приведены на рис. 2.

Анализ данных, а в общем случае подобных результатов, позволяет формулировать для реальных ИУС надежные и эффективные алгоритмы целенаправленного управления всережимным функционированием интеллектуального энергорайона и в последующем ААС и ИЭС в целом.

Следует отметить, что целенаправленное управление устройствами FACTS — не единственная функция ИУС; и всережимное воспроизведение в реальном времени всех остальных функций, рас-

смотрение которых выходит за рамки статьи, также обеспечивается свойствами и возможностями ВМК РВ ИЭС. Кроме того, ввиду сложности и уникальности задач создания интеллектуальных энергорайонов, ААС и ИЭС целесообразна опытно-экспериментальная проверка всережимного функционирования в реальном времени всех реальных средств интеллектуализации на адекватном виртуальном аналоге создаваемого энергорайона, ААС и ИЭС, воспроизводимом на ВМК РВ ИЭС согласно приведенной на рис. 3 структурной схеме.

**Вывод.** Рассмотренные результаты моделирования всережимного функционирования в реальном времени интеллектуального района энергосистемы и средства их получения создают методическую и программно-техническую основу для надежного и эффективного решения сложных задач проектирования, исследования и последующей эксплуатации интеллектуальных энергорайонов, ААС и ИЭС.

*Автор: Боровиков Юрий Сергеевич окончил факультет автоматики и электромеханики Томского политехнического университета (ТПУ) в 2000 г. В 2003 г. защитил кандидатскую диссертацию «Программно-аппаратные средства для оценки коммутационной напряженности коллекторных электрических машин» в ТПУ. Заведующий кафедрой «Электроэнергетические системы» ТПУ.*

\* \* \*

## ЧИТАТЕЛЯМ, ПОДПИСЧИКАМ, РЕКЛАМОДАТЕЛЯМ ЖУРНАЛА «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»

Подписка в России и странах СНГ принимается в отделениях связи.

Для желающих представить в журнал статью сообщаем, что правила подготовки рукописей публикуются в №№ 6 и 12 каждого года.

Реклама в черно-белом изображении может быть размещена на страницах журнала и на его обложке, а также в виде вкладки.

Возможно размещение рекламы в цветном изображении (стоимость по договоренности).

При повторении той же рекламы в следующем номере — скидка 10%. При публикации той же рекламы в третьем и последующих номерах — скидка 20%. Стоимость оплаты рекламных статей — по договоренности. Последний срок представления рекламного материала — за 1,5 месяца до выхода номера из печати (обычно номер выходит в середине каждого месяца).

Адрес для переписки: 101000 Москва, Главпочтамт, а/я 648

тел./факс: (7-495)362-7485

E-mail: l.s.kudinova@rambler.ru