**Предпосылки развития и результаты исследований проблем   
цифровой энергетики России**

***Чл.-корр. РАН Н.И.Воропай, чл.-корр. РАН В.А.Стенников***

*Институт систем энергетики им.Л.А.Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН*

Предпосылки и условия цифровизации энергетики России определяются рядом объективных факторов.

Ключевой составляющей энергетики России являются инфраструктурные энергетические системы (электро-, тепло-, газо- и нефтеснабжающие и др.). Объективная необходимость цифровизации этих систем определяется существенно возрастающими требованиями потребителей к надежности энергоснабжения и качеству энергоресурсов, обусловленными цифровизацией и компьютеризацией их производственных технологий.

Функционирование трансформирующихся в результате инновационного развития энергетических систем принципиально невозможно без эффективных систем управления, реализуемых с использованием передовых информационно-коммуникационных технологий и интеллектуальных средств на цифровой основе. Физическая и управляющая подсистемы оказываются сопоставимыми по сложности и ответственности. Энергетические системы становятся сложными кибер-физическими системами, в которых управляющая подсистема подлежит цифровизации. Объективные тенденции изменения структуры и свойств будущих энергетических систем усложняют условия их управляемости.

Цифровизация инфраструктурных энергетических систем активно развивается. Имеются многочисленные примеры успешной реализации интеллектуальных цифровых технологий в электроэнергетических, тепло- и газоснабжающих системах. Достоинства цифровизации энергетики определяются существенным повышением надежности энергоснабжения и качества энергии и энергетических услуг, радикальным изменением парадигмы взаимоотношений субъектов в сфере энергоснабжения на принципах интернета энергии, реализацией крупномасштабных экономических эффектов у всех субъектов, повышением эффективности принимаемых решений и работы персонала компаний.

Примеры задач управления интеллектуальными электроэнергетическими системами (ЭЭС) на цифровой основе, решаемых в ИСЭМ СО РАН:

* Мультиагентная система оценивания текущего состояния ЭЭС на основе интеграции данных и технологий искусственного интеллекта (генетические алгоритмы, моделирование отжига и др.);
* Гибридная модель для краткосрочного прогнозирования параметров режима ЭЭС на основе разложения случайного процесса на моды преобразованием Гильберта-Хуанга и использования искусственной нейронной сети;
* Комплекс интеллектуальных средств для предотвращения крупных системных аварий в ЭЭС, включающий предсказание приближения индикатора состояния системы к границе допустимой области и увод состояния от этой границы с помощью мультиагентной автоматики;
* Метод автоматической реконфигурации «активной» распределительной электрической сети для повышения надежности электроснабжения потребителей;
* Метод выявления и подавления кибератак на программный комплекс оценивания текущего состояния ЭЭС и повышения живучести информационно-коммуникационной подсистемы.

Задачи исследований проблем цифровой энергетики России включают следующие направления:

- изучение свойств трансформирующихся под влиянием интеллектуальных инновационных технологий и цифровизации кибер-физических энергетических систем, развитие моделей и методов исследования будущих энергетических систем;

- разработка новых принципов конструирования и преобразования будущих кибер-физических энергетических систем в условиях их интеллектуализации и цифровизации;

- разработка и развитие принципов, технологий и методов управления режимами будущих кибер-физических энергетических систем с учетом трансформации их свойств, интеллектуализации и цифровизации;

- исследование проблем кибер-безопасности кибер-физических энергетических систем и разработка методов и средств противодействия кибератакам на информационно-коммуникационную и управляющую подсистему.