

Как показали проведенные исследования, среднегодовые темпы прироста мирового ВВП за период 2011–2020 гг. составят 3,4 %; с 2021 по 2030 г. – 3,2 %. При этом темпы потребления ПЭР соответственно – с 1,6 до 1,2 %. Причем в промышленно развитых странах темпы прироста ВВП будут меньше мировых и составят соответственно – 2,3 % за период 2011–2020 гг. и 2,15 % за следующее десятилетие, а потребление ПЭР соответственно – 0,6 и 0,4 %. В развивающихся странах за период 2011–2030 гг. ожидается снижение темпов экономического роста с 4,9 % до 4,1 % и темпов потребления ПЭР – с 2,6 до 2 %.

Наиболее высокий рост потребления ПЭР за период 2011–2031 гг. ожидается в развивающихся странах – 165%, а в КНР – 192%, что составит 10,3 млрд. т у.т. в 2030 году. По объему потребления развивающиеся страны превзойдут промышленно развитые страны, где рост составит лишь 12%, на 1050 млн. т у.т., что соответствует 9,8 млрд. т у.т. к 2030 году. В странах СНГ и Восточной Европы рост потребления ПЭР за 2010–2030 гг. ожидается на уровне 40% и достигнет к 2030 году 2,85 млрд. т у.т.

Традиционная модель количественного развития мировой энергетики уже себя исчерпала. Особое внимание в ближайшее время должно быть уделено созданию качественной энергетики, экономически доступной, технически реализуемой с использованием инновационных технологий.

УДК 681.51(075.8)

### **Повышение промышленной безопасности парогенераторов путем оптимизация системы управления уровнем воды в его барабане**

Кулаков Г.Т., Кулаков А.Т., Кухоренко А.Н.

Белорусский национальный технический университет,  
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

Поддержание заданного уровня воды в барабане парогенератора является важным технологическим параметром, от которого также зависит надежность, безопасность и экономичность работы технологического оборудования электростанции. Система регулирования уровнем воды в барабане парогенератора должна обеспечивать поддержание требуемого значения его уровня, а также обеспечивать формирование сигналов на регуляторы подачи питательной воды, защиты и блокировки. Ненадлежащая ее работа ведет к снижению экономичности работы, увеличивает расход электроэнергии на собственные нужды, а в крайних случаях к инцидентам и авариям.

Особая роль в решении данной задачи принадлежит разработке и внедрению эффективных систем управления уровнем воды в барабане парогенераторов при переменных режимах работы. При этом особое внимание

должно быть уделено режимам работы исполнительных механизмов систем автоматического регулирования уровнем воды. Анализ статистических данных показывает, что на долю исполнительных механизмов приходится 42% отказов, приводящих к остановке энергоблока. Основная причина отказов – типовой (стандартный) выбор режимов эксплуатации систем автоматического регулирования, обусловленный нерациональной структурой системы управления и неоптимальными параметрами динамической настройки регуляторов.

Для управления исполнительными механизмами используют релейно-контактную аппаратуру с применением широтно-импульсной модуляции, что требует частых включений электродвигателей. Это заставляет работать их постоянно в пусковых (импульсных, переменных) режимах с пусковыми токами, в 8-10 раз превышающими номинальные, что кроме всего создает условия для возникновения пожара.

В связи с этим актуальной становится разработка новой системы управления уровнем воды в барабане парогенераторов, повышающей их промышленную безопасность, надежность и экономичность за счет уменьшения времени регулирования, сокращения числа включений исполнительных механизмов и уменьшения времени их работы с максимальными пусковыми токами, на основе предлагаемых методов структурно-параметрической оптимизации динамических систем.

УДК 681.51(075.8)

**Структурно-параметрический метод аналитического  
конструирования систем автоматического регулирования для  
объектов без самовыравнивания**

Кулаков А.Т., Кухоренко А.Н.

Белорусский национальный технический университет,  
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

Динамика объектов регулирования без самовыравнивания описывается передаточными функциями идеального, реального интегрирующего звена или идеальным интегрирующим звеном с запаздыванием. Использование оптимальной передаточной функции регулятора в этом случае обеспечивает требуемое быстродействие при отработке скачка задания без статической ошибки регулирования даже для статических регуляторов, которая появляется при отработке внутреннего или внешнего возмущения. Для устранения этого недостатка предложен метод структурно-параметрической оптимизации системы на основе передаточной функции оптимального регулятора, динамической компенсации динамики объекта регулирования с выбором оптимальных значений заданной постоянной