

УДК 621.311.25.039

Аит Салем Мухамед (асп., каф. АиТЭУ), В.А. Иванов, д.т.н., проф.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА С ВОДО-ВОДЯНЫМ РЕАКТОРОМ В ПЕРИОД ПРОДЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ КАМПАНИИ

Наиболее эффективна работа энергоблока со скользящим давлением пара во втором контуре, при котором регулирующие клапаны турбины полностью открыты. Во время опытно-промышленной эксплуатации энергоблока ВВЭР-440, проведённой Кольской АЭС совместно с кафедрой АиТЭУ, рабочая кампания была продлена сверх основной на 115 суток. При этом дополнительная выработка электроэнергии за счёт более глубокого выгорания топлива составила более 900 млн. кВт·ч. Аналогичные результаты были получены при экспериментальных исследованиях энергоблоков ВВЭР-1000. Одним из способов, повышающих эффективность работы энергоблока в период продления кампании, является обвод группы подогревателей высокого давления по питательной воде. За счёт этого в течение некоторого времени при скользящем давлении пара перед турбиной и вынужденном ограничении пропускной способности регулирующих клапанов реактор может работать на номинальной мощности, а мощность турбины при снижении давления свежего пара уменьшается незначительно.

Обвод ПВД с целью повышения мощности энергоблока в период продления кампании является более эффективным по сравнению с отключением ПВД с точки зрения получения большей дополнительной мощности и позволяет, используя действующую схему энергоблока, введя дополнительные связи в схему регулирования, построить эффективную схему управления блоком в период продления кампании.

Принцип работы предлагаемой системы регулирования энергоблоком следующий. По исчерпанию запаса реактивности включается дополнительная связь от регулятора нейтронной мощности (РНМ) к задатчику регулятора давления свежего пара (РД). Снижается уставка давления пара перед турбиной, на выходе РД появляется сигнал разбаланса, поступающий на вход электропривода обводного клапана группы ПВД. Снижение температуры питательной воды приводит к снижению давления пара в парогенераторах за счёт дополнительной конденсации пара в них. Понижение давления свежего пара приводит к высвобождению реактивности за счёт уменьшения средней температуры теплоносителя в реакторе. Мощность реактора поддерживается постоянной регулятором нейтронной мощности.

После того, как возможности обвода ПВД будут исчерпаны, начнётся естественное снижение мощности реактора, и компенсация реактивности будет происходить за счёт как температурного, так и мощностного эффектов реактивности.

На момент начала продления рабочей кампании энергоблок разгружается на 30 % от номинальной мощности с помощью управляющей группы регулирующих стержней. Начинается процесс нестационарного ксенонового отравления, вносится отрицательная реактивность ρ_{Xe} . Так как компенсация отрицательной реактивности стержнями СУЗ и борным регулированием невозможна, а положительной реактивности, выделяющейся за счёт мощностного эффекта ρ_λ , недостаточно, начинается процесс снижения давления свежего пара p . Темп изменения давления свежего пара определяется регулятором нейтронной мощности и поддерживается за счёт перемещения регулирующих клапанов μ . В результате давление пара перед турбиной снижается на 12 %. После подъёма мощности наблюдается выбег реактивности, поэтому имеет место небольшой рост давления.

Выводы:

1. Предложенная принципиальная схема регулирования энергоблоком с ВВЭР в период продления рабочей кампании обеспечивает автоматическое поддержание максимально возможной мощности энергоблока за счёт обвода ПВД и скользящего давления пара.

2. Предложенная схема даёт возможность повысить маневренность энергоблока в период продления рабочей кампании, а также в любой период работы энергоблока с пониженным запасом реактивности.

3. Реализация схемы обеспечивается на базе существующей схемы введением дополнительных связей.