

УДК 621.311:621.039

А.Ю. Миронова (6 курс, каф. АиТЭУ), А.В. Тарасов, асп.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБВОДНОЙ ТУРБИНЫ ПРИ ПРОДЛЕНИИ КАМПАНИИ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000

Один из путей увеличения глубины выгорания топлива в реакторах ВВЭР – продление рабочей кампании между перегрузками топлива, за счет температурного эффекта реактивности, высвобождаемой при скользящем давлении во втором контуре.

Таблица. Основные характеристики обводной турбины

Расчётная мощность*, МВт	98,1
Частота вращения ротора, с ⁻¹	50
Начальное давление пара*, МПа	5,9...4,0
Противодавление*, Мпа	0,6
Расход пара*, кг/с	471
КПД*	0,46
$D_{ср}^I / l^I, м^2$	1,386/0,289
$D_{ср}^{II} / l^{II}, м^2$	1,435/0,504
Длина, м	2,8
Ширина, м	2,6
Высота, м	2,5
Площадь занимаемая турбиной, м ²	7,3

*– приведены на конец продления кампании

Нейтронно-физическими расчётами установлено, что в течение определенного периода реактор может продолжать работу с номинальной мощностью. Однако по мере понижения давления пара во втором контуре уменьшается пропускная способность главной турбины. Вследствие этого происходит постепенное понижение ее мощности и общее снижение эффективности продления рабочей кампании. Для компенсации этого применяют различные методы, но в данной ситуации нужен метод, повышающий эффективность работы реактора ВВЭР-1000 в период продления рабочей кампании между перегрузками топлива и обеспечивающий наименьший темп снижения мощности при скользящем давлении. Решение этой проблемы – установка дополнительной турбины на паровой линии, обходящей цилиндр высокого давления главной турбины (турбообвод).

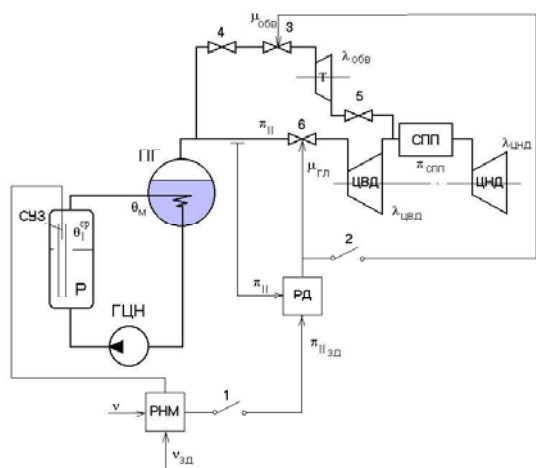


Рис.1. Структурно-функциональная схема системы автоматического регулирования энергоблока с турбообводом в период продления рабочей кампании.

Р – реактор; ПГ – парогенератор; ГЦН – главный циркуляционный насос; СУЗ – система управления и защиты; ЦВД – цилиндр высокого давления; ЦНД – цилиндр низкого давления; Т – турбообвод; СПП – сепаратор пароперегреватель; РНМ – регулятор нейтронной мощности; РД – регулятор давления.

Вспомогательная турбина имеет один патрубок для подвода свежего пара и два выхлопа для подключения к двум СПП, которые находятся между ЦВД и ЦНД. По результатам расчетов турбина имеет две ступени, достаточно компактна и при этом не требует подключения специальных элементов. Характеристики турбины представлены в табл.

Предложена система автоматического управления, обеспечивающая автоматическое ведение режима продления кампании. При создании системы удалось сохранить неизменными существующие системы регулирования нейтронной мощности реактора и давление пара во втором контуре, а также главной турбины. Разработанная система, представленная на рис.1, реализует принцип первичного управления реактором, мощность которого поддерживается регулирующими клапанами главной, а затем и обводной турбины.

Для исследований предложенной системы была разработана математическая модель энергоблока, включающая в себя модели реактора, парогенератора, основной и дополнительной турбин, а также автоматических регуляторов.

ских регуляторов.

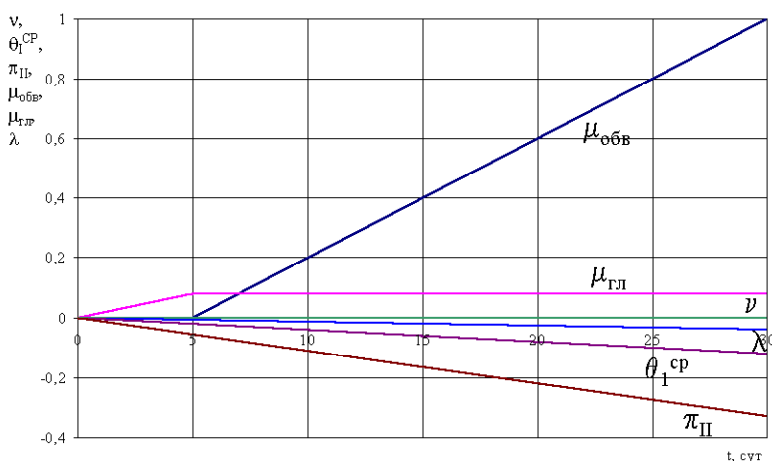


Рис.2. Графики переходных процессов.

Выводы. Расчетными исследованиями на базе этой модели выявлено, что разработанная система устойчива, правильно реализует алгоритм работы энергоблока в период продления рабочей кампании. Нейтронная мощность реактора в течение всего периода продления поддерживается на номинальном уровне (рис. 2), а электрическая мощность блока за этот период снижается незначительно — от 1000 до 961 МВт.

Данная система управления может быть рекомендована для дальнейших исследований с целью выявления возможностей участия блока в первичном регулировании частоты, в противоаварийном управлении энергосистемой, а также проверки ее действия при возникновении различных внештатных ситуациях.