

УДК 621.039-78

## АНАЛИЗ ДЕЙСТВИЙ ПЕРСОНАЛА ПРИ СРАБАТЫВАНИИ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВВЭР-1000 ПО ЛОЖНОЙ ПРИЧИНЕ

Запасник В. А., Кожановский К.В.

Научный руководитель – ассистент Павловская А.А.

В условиях срабатывания аварийной защиты по ложной причине основными задачами обслуживающего персонала становятся: контроль и поддержание давления в главном паровом коллекторе (ГПК) и парогенераторе, контроль и поддержание подачи питательной воды в парогенератор, контроль отключения турбоустановки (ТУ) и генератора.

Конечное безопасное состояние энергоблока и турбоагрегата после срабатывания аварийной защиты реакторной установки характеризуется следующими параметрами:

- реакторная установка подкритична, в состоянии «горячее»;
- генератор отключен, схема управления КАГ разобрана;
- турбоустановка завершила выбег, вращается от валоповоротного устройства;
- питательно-деаэрационная установка в работе с номинальными параметрами, питание парогенераторов от ВПЭН;

- приём пара из парогенератора осуществляется через БРУ-К (БРУ-СН);
- вспомогательные системы турбины и генератора находятся в работе;
- коллектор собственных нужд подключен к внешнему источнику пара.

При осуществлении контроля и поддержания давления в главном паровом коллекторе и парогенераторах обслуживающий персонал должен закрыть СК ТГ ключом (контролировать закрытие СК ТГ при  $52 \text{ кгс/см}^2$ ), а после закрытия БРУ-К при снижении давления в главном паровом коллекторе отключить турбопитательные насосы (ТПН).

Для осуществления контроля и поддержания подачи питательной воды в парогенераторы персонал должен включить вспомогательные питательные электронасосы и отключить КГТН и турбопитательные насосы. Также необходимо контролировать работу регуляторов питания парогенераторов, не допускать перерывов в подаче питательной воды; обеспечить температуру питательной воды не ниже  $160^\circ\text{C}$ ; поддерживать уровни в деаэраторе и конденсаторах турбогенератора.

Во время отключения турбины и генератора необходимо контролировать:

- закрытие главной паровой задвижки, КОС, арматуры отборов пара;
- отключение генератора от сети через 30 секунд;
- снижение скорости вращения вала турбины.

Определяющее значение в плане удержания давления второго контура имеет упреждающее снижение расхода на потребители пара из главного парового коллектора. Неконтролируемое снижение давления в нем приводит к увеличению требуемого расхода питательной воды в парогенераторах, что усугубляет расхолаживание второго контура.

Не менее важным является своевременное приведение расхода питательной воды в парогенераторах к тепловой мощности реактора, что уменьшает расхолаживание первого контура за счет уменьшения холодных потоков, поступающих в парогенераторы.

После срабатывания аварийной защиты потребителями пара из главного парового коллектора являются:

- пропуск пара главной паровой задвижкой;
- пропуск пара БРУ-К;
- дренаж до главной паровой задвижки - RT10S01;
- основной потребитель – это БРУ-СН – КСН, поэтому необходимо сокращение расхода пара от БРУ-СН вплоть до закрытия.

Потребители пара коллектора собственных нужд после срабатывания аварийной защиты:

- турбоприводы ТПН  $\approx 100 \text{ т/ч}$ ;

- пар на уплотнения турбины и ТПН  $\approx 50$  т/ч;
- основной потребитель – деаэратор  $\approx$  до 400 т/ч.

Важно помнить о явлении остаточных тепловыделений реакторной установки (рисунок 1). Поэтому необходимо учитывать то, что производительность двух вспомогательных электронасосов питательной воды составляет 300 т/час и обеспечивает достаточное водопотребление парогенераторов лишь при уровне мощности менее 5%. А тепловая мощность реакторной установки достигает 5% только к третьей минуте. Ситуация осложнена фактом транспортного времени передачи тепла от первого контура ко второму (около 20 секунд); тем обстоятельством, что запасенное тепло в металле парогенератора также увеличивает его водопотребление, а также паразитный расход на КГТН может достигать 200 т/ч. Поэтому преждевременное отключение турбопитательных насосов при срабатывании аварийной защиты, приведёт к потере уровней в парогенераторах, вплоть до уставки отключения главного циркуляционного насоса.



Рисунок 1. Остаточные тепловыделения РУ после срабатывания АЗ

В этих условиях главной задачей оперативного персонала является снижение расхода основного конденсата на деаэратор до минимально-возможного в соответствии с тепловой мощностью реакторной установки, в противном случае тепловой "удар" по деаэратору вызывает повышенный расход пара на него вплоть до срабатывания блокировки на закрытие БРУ-СН при давлении в главном паровом коллекторе  $56 \text{ кг/см}^2$ , а при несвоевременном подключении коллектора собственных нужд от первой очереди возможна потеря давления в деаэраторах.

Рекомендуемый порядок действий персонала при срабатывании аварийной защиты:

- закрыть стопорные клапаны турбогенератора при снижении давления во втором контуре менее  $58 \text{ кг/см}^2$ ;
- снизить расход основного конденсата на деаэратор до минимального возможного;
- отключить КГТН;
- включить вспомогательные электропитательные насосы;
- отключить турбопитательные насосы;
- перевести БРУ-СН на дистанционное управление;
- открыть связь по пару с первой очередью;
- стабилизировать давление второго контура воздействием на БРУ-СН и дренаж до главной паровой задвижки.

Подключение связи по пару с внешним источником должно производиться с минимальным числом потребителей пара из коллектора собственных нужд блока.