

УДК 621.039

СИСТЕМА АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ

Захаркевич А.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Нерезько А.В.

При эксплуатации АЭС решающее значение имеет безопасность работы реакторной установки. Один из основополагающих принципов, на котором базируется безопасность работы реакторной установки – это ограничение последствий возможных аварий. При нормальной работе блока АЭС на мощности тепловая энергия, вырабатываемая в реакторе, отводится через парогенератор (ПГ) во 2 контур, где она срабатывается на турбогенераторе. После останова реактора мощность быстро снижается до долей процента, но за счет запаздывающих нейтронов, радиоактивного распада продуктов деления и аккумулирующей способности материалов активной зоны тепловыделение продолжается.

В процессе отвода тепла от активной зоны реактора важное значение имеет система питательной воды, осуществляющая подачу воды в парогенераторы. Поэтому возникновение отклонений в схеме подачи питательной воды в парогенераторы создает условия для нарушения нормального теплоотвода от 1 контура. При невозможности нормальной подпитки парогенераторов проектом предусмотрена подача питательной воды в ПГ от специальной системы, именуемой системой аварийной подпитки ПГ, которая тем самым создает условия для расхолаживания реакторной установки.

Система аварийной подпитки парогенератора предназначена для подачи обессоленной воды в парогенераторы в режимах обесточения энергоблока и других аварийных режимах на энергоблоке с реактором ВВЭР-1000, для обеспечения аварийного снятия остаточных тепловыделений и расхолаживания реакторной установки (РУ) в режиме обесточения энергоблока, а также при авариях и неисправностях системы питательной воды ПГ второго контура.

В основу проекта аварийной подачи питательной воды в парогенераторы ПГ положены следующие критерии и требования, предъявляемые к ней со стороны реакторной установки:

- обеспечить подачу воды не менее чем в два парогенератора;
- обеспечить подачу питательной воды в ПГ с момента аварии за промежуток времени не более 2 минут;
- обеспечить подачу питательной воды в ПГ 150 м³/час при давлении в ПГ 64 кгс/см²;
- создание необходимого запаса обессоленной воды исходя из условий обеспечения расхолаживания блока через БРУ-А до давления в первом контуре 15 кгс/см²;
- она должна допускать возможность опробования (поканально) при работе блока на мощности и при этом не терять своих функциональных свойств;
- она должна иметь трехканальную структуру, т.е. соответствовать структуре остальных систем безопасности;
- должна иметься возможность вывода ее в ремонт в составе одного канала безопасности (на время не более 72 часов при работе РУ согласно требований Технологического регламента безопасной эксплуатации).

Критерием выполнения функций является обеспечение подачи питательной воды в ПГ, а также выполнение требования со стороны РУ – обеспечить подачу обессоленной воды в ПГ с расходом не менее: 150 м³/час при давлении в ПГ 64 кгс/см²; 125 м³/час при давлении в ПГ 70 кгс/см²; 80 м³/час при давлении в ПГ 86 кгс/см².

Система аварийной подпитки ПГ состоит из трех независимых каналов каждый из которых в отдельности обеспечивает расхолаживание энергоблока. Каждый канал системы включает в себя следующее технологическое оборудование:

- бак запаса химобессоленной воды (ХОВ) емкостью 500 м³;
- аварийный питательный электронасосный агрегат;

– трубопроводы, арматуру, дроссельные шайбы и КИП.

У парогенераторов ПГВ-1000М, применяющихся в ВВЭР-1000 с РУ В-320, в отличие от более ранней конструкции ПГВ-1000 предусмотрены специальные патрубки для подвода питательной воды от аварийных питательных насосов.

В проекте унифицированного ВВЭР-1000 (В-320) для подачи аварийной питательной воды в парогенераторы применяются как электронасосные агрегаты типа ПЭА 150-85 Бердянского завода «Южгидромаш» так и насосы типа ЦН 150-90Г.

Насосы размещены каждый в отдельном помещении, чтобы внутрисистемные аварии (например, вызванные пожаром или падением каких-либо тяжелых предметов) одного из каналов не привели к отказу другого канала.

Таблица 1 – Сравнительные технические характеристики насосов

Тип насоса	ПЭА 150-85	ЦН 150-90Г
Тип насоса	ТХ10-30D01	
Подача, м ³ /ч	150	150
Напор, м вод. ст.	910	910
Температура перекачиваемой среды, °С	Б-150	Б-150
Допустимый кавитационный запас, м	11	11
Расчетное давление всасывания, не более, кгс/см ²	10	
Номинальная частота вращения, об/мин	2970	
Мощность двигателя, кВт	800	800
Напряжение питания, кВ	6,3	
Тип электродвигателя	2А3М1-800/6000	
Смазка подшипников	Т-22, Тп-22	

Аварийный питательный насос (АПЭН) типа ПЭА 150-85 - центробежный, горизонтальный, однокорпусный, секционный, семиступенчатый, с гидравлической пятой, подшипниками скольжения с кольцевой смазкой, концевыми уплотнениями торцевого типа. Производительность насоса выбрана из условия обеспечения расхолаживания РУ в аварийных ситуациях.

Насос ЦН 150-90Г горизонтальный, однокорпусный, семиступенчатый. Состоит из входной и напорной крышек, ротора, включающего в себя вал, рабочие колеса, защитные рубашки вала, разгрузочный диск. Схема обвязки приведена на рисунке 1.

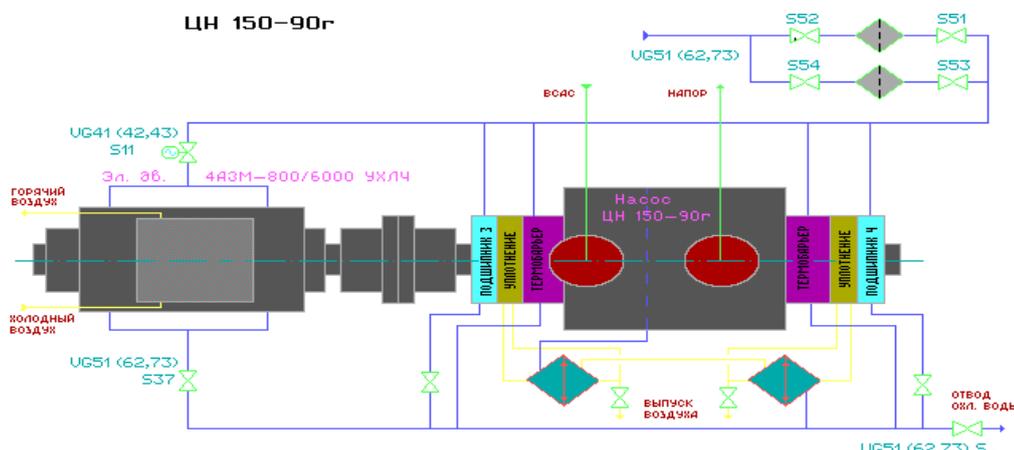


Рисунок 1 – Схема обвязки насоса ЦН 150-90Г

Для охлаждения узлов насосного агрегата используется техническая вода ответственных потребителей. Каждый агрегат подключен к своей системе технической воды с $P = 4 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$. Выносные теплообменники обеспечивают нормальный режим работы торцевых уплотнений при перекачивании насосами питательной воды с повышенной температурой (164°C).

Бак аварийного запаса обессоленной воды предназначен для хранения аварийного запаса химобессоленной воды. Представляет из себя сварную цилиндрическую емкость, изготовленную из стали марки Ст3, изнутри покрытую шпатлевкой типа ЭП-00-01. Объем каждого бака – 500 м^3 .

Дроссельные шайбы, расположенные на напоре аварийных питательных насосов, предназначены для ограничения расхода в рабочей зоне характеристики насоса при недопустимых отклонениях подачи питательной воды в ПГ.

Ограничители течи расположены на трубопроводах подачи аварийной питательной воды непосредственно перед ПГ и предназначены для уменьшения расхода пара, вытекающего из ПГ при разрыве трубопровода между ограничителем и обратным клапаном.

При работе энергоблока система аварийной подпитки парогенераторов должна находиться в дежурстве, т.е. состоянии полной готовности к выполнению своих функций в случае возникновения аварии.

При неисправности двух и более каналов редуцированной установки (РУ) должна быть переведена в «холодное» состояние.

Автоматическое регулирование охватывает следующие параметры:

- поддержание уровня в ПГ №1,2,3,4 – 1700 мм;
- поддержание расхода в ПГ №2,4 – $75 \text{ м}^3 / \text{час}$.

Регуляторы подключаются к регулируемому органу в зависимости от условий формирования защит и блокировок. Для автоматического регулирования используется аппаратура типа «Каскад-2».

При аварии основным видом управления для насосов является автоматическое управление по командам защит САОЗ, реализуемое через аппаратуру ступенчатого пуска, воздействующего на комплекс технических средств. Включение системы аварийной подпитки парогенераторов автоматически происходит по следующим сигналам:

- обесточению, т.е. снижению напряжения менее $0,25 U_{\text{ном}}$ на VI ступени ПСП;
- разрывной защите 1 контура t_{10} , когда разность между t насыщения теплоносителя 1 контура и t в горячих петлях менее 10°C ;
- разрывной защите 1 контура $P_{\text{го}} > 1,3 \text{ кгс} / \text{см}^2$, когда давление в гермооболочке более $1,3 \text{ кгс} / \text{см}^2$;
- разрывной защите 2 контура t_{75} , при уменьшении давления в паропроводе до $50 \text{ кгс} / \text{см}^2$ и увеличении разности температур насыщения 1 и 2 контуров до 75°C .

Литература

1. Воронин Л. М. Особенности эксплуатации и ремонта АЭС. – М.: Атомиздат, 1981;
2. Зорин В.М. Атомные электростанции. Основной технологический процесс. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 304с.
3. Маргулова Т. Х. Некоторые основополагающие концепции проектирования атомных электростанций с водным теплоносителем. – М.: Труды МЭИ № 660, 1993.
4. Стерман, Л.С. Тепловые и атомные электрические станции. /Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 424с.
5. Тевлин, С.А. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000. /С.А. Тевлин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 358с.
6. Учебное пособие: Система аварийного питания парогенераторов, ИВАНОВО-2002г. 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34, тел: (0932)-385778 e-mail: npp@aes.ispu.ru.