

IV. Экологическая и техногенная безопасность

Лещенко В.В.

Повышение технической безопасности сложных систем с ядерным реактором

Аннотация: Изложены результаты научно-исследовательской работы по решению проблемы повышения технической безопасности сложных систем с ядерным реактором. Описано повышение технической безопасности систем с ядерным реактором на примере усовершенствования сложной системы атомной электрической станции.

Ключевые слова: атомная электрическая станция, техническая безопасность, аварии, ядерный реактор, надежность ядерного реактора, сложные системы

Повышение технической безопасности сложных систем с ядерным реактором рассмотрено в данной работе на примере системы атомной электрической станции (АЭС).

Особую актуальность тема работы приобрела на рубеже второго и третьего тысячелетий, когда произошли аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1».

Первая – также известна как катастрофа на Чернобыльской АЭС – начавшаяся с разрушения 26 апреля 1986 года реактора четвёртого энергоблока Чернобыльской АЭС, расположенной близ города Припять в Украинской ССР. Причиной разрушения и теплового взрыва реактора стало недостаточное электропитание циркулярных насосов и, соответственно, недостаточное охлаждение реактора, вызвавшее его перегрев и взрыв.

Вторая – крупная радиационная авария максимального, 7-го уровня согласно Международной шкале ядерных событий (INES). Она произошла 11 марта 2011 г. в результате сильнейшего в истории Японии землетрясения и последовавшего за ним невиданного ранее цунами [1]. Землетрясение и последовавший за

ним удар цунами привели к полному обесточиванию станции, в том числе к отказу резервных источников электроснабжения.

Анализ технических причин обеих аварий выявляет обесточивание электродвигателей циркуляционных насосов АЭС.

Схема АЭС, отражающая принцип действия обеих вышеупомянутых АЭС, приведена на рисунке 1 [2].

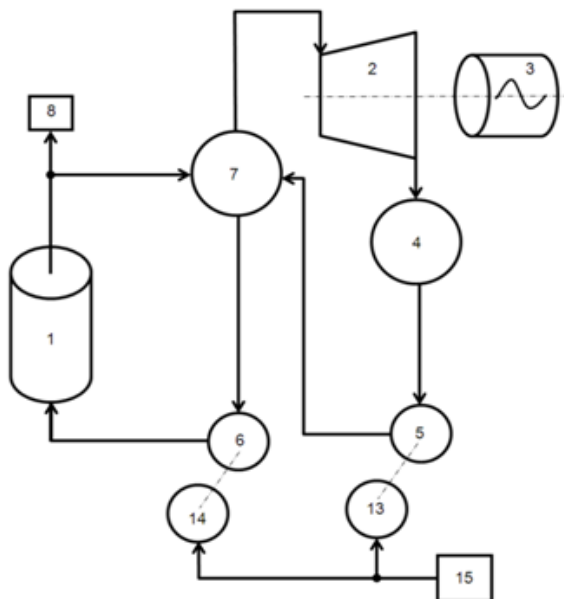


Рисунок 1 – Схема АЭС, отражающая принцип действия ныне существующих АЭС

Техническое решение АЭС включает в себя: реактор 1, подключенный своим выходом к компенсатору объема 8, и входу парогенератора 7; паровую турбину 2, подключенную своим входом к выходу парогенератора 7; электрический генератор 3, соединенный своим валом с валом паровой турбины 2; парогенератор 7, подключенный к входу циркуляционного насоса 6, приводимого в действие от электродвигателя 14, другим своим входом парогенератор 7 подключен к выходам питательного насоса 5, приводимого в действие от электродвигателя 13, к входу реактора

1 подключен выход циркуляционного насоса 6; конденсатор 4 подключен своим входом к выходу паровой турбины 2; выход конденсатора 4 подключен к входу питательного насоса 5, приводимого в действие от электродвигателя 13. Электродвигатели 13 и 14 подключены к источнику электропитания 15.

Предлагаемая мною АЭС [3] повышенной технической безопасности, представленная на рисунке 2, включает в себя: реактор 1, подключенный своим выходом к компенсатору объема 8, и входу парогенератора 7; паровую турбину 2, подключенную своим входом к выходу парогенератора 7; электрический генератор 3, соединенный своим валом с валом паровой турбины 2; парогенератор 7, подключенный одним своим выходом к входу редуктора 9, а другим к входу циркуляционного насоса 6, приводимого в действие от электродвигателя, и входу циркуляционного насоса 11, приводимого в действие от насосной турбины 10; другим своим входом парогенератор 7 подключен к выходам питательного насоса 5, приводимого в действие от электродвигателя, и питательного насоса 12, приводимого в действие от насосной турбины 10; к входу реактора 1 подключены выходы циркуляционных насосов 6 и 11; конденсатор 4 подключен своими входами к выходу паровой турбины 2 и выходу насосной турбины 10; выход конденсатора 4 подключен к входам питательного насоса 5, приводимого в действие от электродвигателя, и питательного насоса 12, приводимого в действие от насосной турбины 10; выход редуктора 9 подключен к входу насосной турбины 10, приводящей в действие циркуляционный насос 11 и питательный насос 12; питательный насос 5, приводится в действие от электродвигателя 13; циркулярный насос 6 приводится в действие от электродвигателя 14; электродвигатели 13 и 14 подключены к источнику электропитания 15.

Суть предлагаемого технического решения состоит в том, что включенные в схему атомной электрической станции циркуляционный насос 11 и питательный насос 12, приводимые в действие насосной турбиной 10, подключенной через редуктор 9 к парогенератору 7, позволяют атомной электрической станции работать при отключении энергоснабжения электроприводов циркуляционного насоса 6 и питательного насоса 5. Причем при

возрастании мощности в реакторе 1 усиливается работа циркуляционного насоса 11 и питательного насоса 12. Соответственно, увеличивается подача теплоносителя в реактор 1, предохраняя его от взрыва с последующим разрушением и загрязнением окружающей среды радиоактивными элементами.

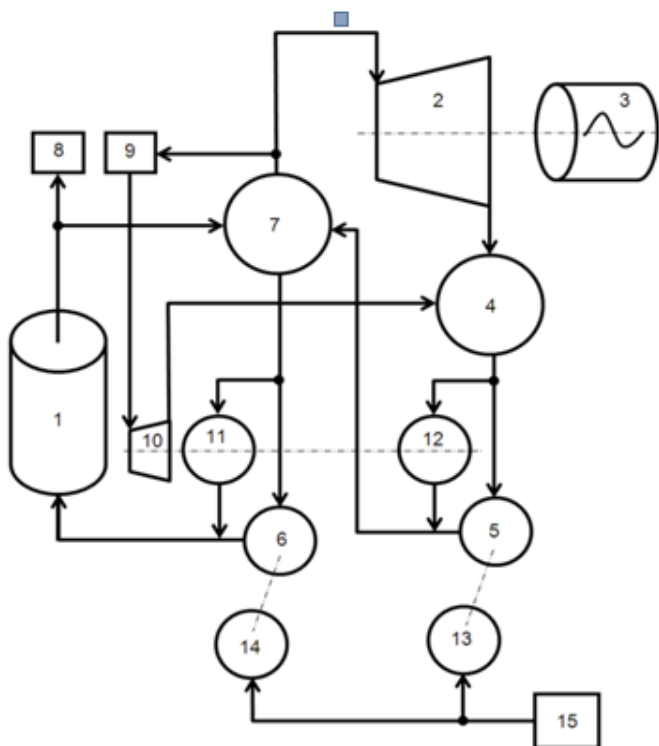


Рисунок 2 – Схема АЭС повышенной технической безопасности

Описанное выше техническое решение обеспечивает повышение безопасности работы ядерного реактора в ситуации, когда отсутствует внешнее энергоснабжение станции или не включились резервные источники энергоснабжения.

Принцип действия таких сложных систем с ядерным реактором обеспечивает их безаварийное функционирование за счет

саморегулирования охлаждения активной зоны реактора. Чем больше тепловая мощность, выделяемая реактором, тем больше уровень мощности насосной турбины, вращающей циркуляционный насос, тем более интенсивное охлаждение активной зоны реактора. Таким образом, обеспечивается гомеостаз безаварийной работы сложных систем с ядерным реактором.

В результате может быть обеспечено повышение надежности и безопасности работы атомной электрической станции.

С учетом уже имеющегося опыта в атомной энергетике ликвидация аварий атомных электростанций с ядерным реактором требует десятилетий и материальных затрат на сумму в сотни млрд. долларов США.

Литература:

1. *Арутюнян Р.В., Большой Л.А., Боровой А.А., Велихов Е.П.* Системный анализ причин и последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». – М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2018. – 408 с.

2. *Митенков Ф.М., Новинский Э.Г., Будов В.М.* Главные циркуляционные насосы АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – С. 6.

3. *Лещенко В.В.* Атомная электрическая станция. Патент на изобретение № 2638304 Рос. Федерация. Заявлено 30.12.2016. Опубликовано: 13.12.2017. Бюллетень № 35.

Plotnikov N.I.

The method of ontological design of emergency events modeling of incapacitation of the flight crew of aircraft

Abstract. In this paper, the analysis of research on the subject of loss of incapacitation of the flight crew of civil aviation (CA) is performed. The loss of performance of the pilot (Pilot Incapacitation) (PI) and especially all the crew members (All Pilot Incapacitation) (API) is a critical, extremely dangerous event. The development of the API subject method in flight can be carried out in technical and organizational directions.

Keywords: incapacitation, impairment, civil aviation, flight crew, simulator experiment, emergency delegation