

УДК 621.646.8

**НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ИМПУЛЬСНО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ЗАЩИТЫ СИСТЕМ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

*Визерский В.А., начальник отдела, Деревянченко В.Т., начальник сектора,
Тарнавский Н.Н., ведущий конструктор*
*Закрытое акционерное общество «Киевское центральное конструкторское бюро
арматуростроения»*
01056 г. Киев-113, ул. Шутова, 9
E-mail: Salenko2006@ukr.net

Розроблена, виготовлена і пройшла випробування нова конструкція імпульсно-запобіжного пристрою (ІЗП) для захисту системи планового і аварійного розхолодження 1 контуру і охолодження басейну витяжки у випадку підвищення тиску робочого середовища. В ІЗП застосована нова конструкція імпульсного клапана (ІК) з подачею робочого середовища на золотник і чутливий елемент - сильфон. Імпульсний клапан зазначеної конструкції має ряд важливих переваг перед існуючими ІК з подачею робочого середовища під золотник. Головний клапан обладнаний новою конструкцією сигналізатора крайніх положень запірнього органу (золотника), що подає інформацію на пульт керування про закриті або відкриті положення ІЗП.

Ключові слова: запобіжні імпульсні пристрої, система охолодження, аварійне охолодження

The new design of the Impulsive (Pilot-operated) Safety Device (ISD) has been developed, manufactured and has successfully passed the tests; it is intended to protect the systems for a scheduled and emergency cooling of the primary coolant circuit, and for a cooling pond in the case of the overpressure of an operating medium. The operating medium is the heat-transfer medium of the 1st circuit (liquid). In the ISD one used the new design of the impulsive (pilot) valve (IV) with feeding the operating medium onto a slide valve and with a sensitive element – a bellows. The IV of this design has a number of important advantages over the existing IVs with feeding the operating medium underneath the slide valve. The main safety valve (MV) is equipped with the new structure of an indicator for of the limit position of the valve gate (the slide valve) that gives signals about the ISD open or closed position on a control desk.

Key words: Impulsive Safety Device, emergency cooling, coolant circuit

Ведение. На атомных электростанциях для защиты целого ряда систем и трубопроводов от превышения давления в них сверх допустимого, широкое применение находят различные импульсно-предохранительные устройства (ИПУ).

Импульсно-предохранительные устройства – это предохранительные клапаны непрямого действия, в которых управляющую нагрузку главного затвора создает давление самой рабочей среды.

Применение ИПУ особенно целесообразно в системах высокого давления, когда требуется большая пропускная способность и невозможно обеспечить создание большего управляющего усилия, например, пружиной; при высоких требованиях к герметичности затвора; необходимости обеспечения срабатывания в узком диапазоне давлений.

Основные требования, предъявляемые к работе ИПУ:

1) при достижении максимально допустимого давления ИПУ должно безотказно открыться до полного подъема и пропустить рабочую среду в требуемом количестве;

2) в открытом состоянии ИПУ должно работать устойчиво без вибраций;

3) ИПУ должно закрыться при давлении не на много ниже рабочего и при последующем возрастании давления до рабочего обеспечить требуемую степень герметичности;

- 4) в закрытом состоянии ИПУ должно обеспечивать требуемую степень герметичности;
- 5) обладать высоким быстродействием;
- 6) обладать высокой надежностью.

Проблема совершенствования ИПУ является весьма актуальной, так как существующие ИПУ УФ50025-100 уже не удовлетворяют современным требованиям. Соответственно необходим поиск новых решений и новых материалов, использование которых позволило нам создать новое ИПУ для защиты системы планового и аварийного расхолаживания 1 контура и охлаждения бассейна витяжки АЭС.

Цель работы: разработать новую систему планового и аварийного расхолаживания 1 контура и охлаждения бассейна витяжки АЭС.

Материал и результаты исследований. Существующее ИПУ, используемое для защиты систем 2 контура АЭС, приведенное на рис. 1, состоит из главного клапана (ГК) 1, импульсного клапана (ИК) 2 и соединительного трубопровода 3.

Главный клапан состоит из корпуса 1.1 с седлом, золотника (поршня) 1.2, с поршневым кольцом 1.3, ограничивающим поступление рабочей среды в надзолотниковую полость А, крышки 1.4. Герметизация разъемных соединений по отношению к внешней среде осуществляется путем обжатия никелевых прокладок 1.5.

ИК – пружинный прямого действия с подачей рабочей среды под золотник. Главным преимуществом этого ИПУ является его простота, но при этом необходимо отметить и следующие недостатки:

- 1) отсутствие сигнализатора крайних положений золотника ГК; применение в разъемных соединениях никелевых прокладок;
- 2) трудности получения величины давления закрытия ИПУ не ниже 0,9 рабочего давления (P_p);
- 2) невозможность получения высокой герметичности в затворе ИК;
- 3) трудности получения величины давления закрытия ИПУ не ниже 0,9 рабочего давления (P_p);
- 4) невозможность получения высокой герметичности в затворе ИК.

ИК состоит из основных узлов и деталей: корпуса 2.1 с наплавленным седлом и регулирующим дросселем, золотника 2.2, стакана с сифонной сборкой 2.3, винта регулировочного 2.5, пружины 2.4, уплотняющих никелевых прокладок 2.6.

При разработке нового ИПУ мы попытались сохранить преимущество рассмотренной конструкции и в максимальной степени ослабить (уменьшить) ее недостатки.

При проектировании нового ИПУ УФ50025-100И1 были использованы материалы ОКР и НИР по созданию ИПУ для атомной энергетики, которые позволили учесть влияние различных параметров на

рабочие процессы ИПУ и, в частности, влияние на быстродействие срабатывания ИПУ времени, затрачиваемого на опорожнение и наполнение среды надзолотниковой полости, величины отношения диаметра поршня (золотника) – D_n к среднему диаметру уплотнительной поверхности затвора главного клапана (D_{cp}).

Методика расчета быстродействия ИПУ, разработанная в КЦКБА позволила определить необходимую площадь открытого сечения импульсного клапана, а по ее величине - параметры и размеры импульсного клапана.

Результаты испытаний промышленных образцов ИПУ показывают, что для обеспечения величины давления закрытия главного клапана $P_3=(0,9...0,95)P_p$ необходимо, чтобы между эффективной площадью сечения дроссельного отверстия (дроссель 2.5 импульсного клапана) $\mu_d \cdot f_d$ (рис. 2) и эффективной максимальной площадью открытого сечения импульсного клапана $\mu_u \cdot f_{u.m.}$ обеспечивалось соотношение

$$\frac{\mu_u \cdot f_{u.m.}}{\mu_d \cdot f_d} = 10 ,$$

где μ_d – коэффициент расхода дросселя; $\mu_d = 0,55$; μ_u – коэффициент расхода импульсного клапана; $\mu_u = 0,6$; $f_{u.m.}$ – максимальная площадь открытого сечения импульсного клапана.

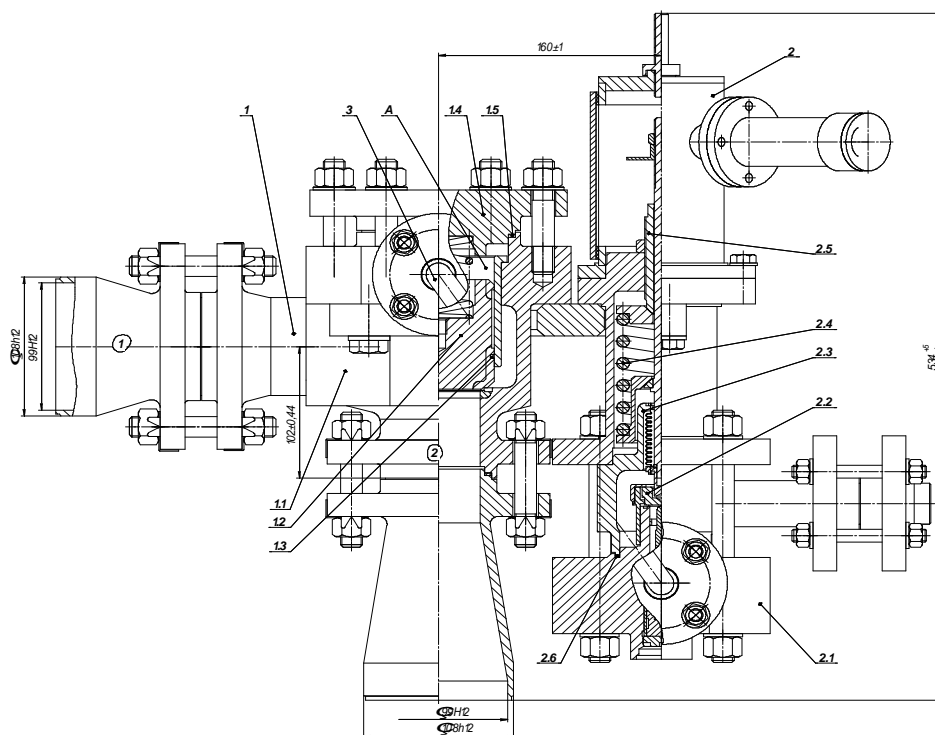


Рисунок 1 – Импульсно-предохранительное устройство УФ50025-10

Из этого соотношения была определена площадь сечения дроссельного отверстия f_d импульсного клапана и его диаметр.

В основу разработки нового ИПУ УФ50025 -100И1 было положено создание ИПУ с принципиально новым по принципу действия им-

пульсним клапаном с подачей рабочей среды на золотник и чувствительный элемент (сильфон) и установка на ГК новой конструкции сигнализатора крайних положений запорного органа (золотника), который дает информацию на пульт управления о закрытом или открытом положении ГК (ИПУ).

ИПУ УФ50025-100И1 состоит из главного клапана 1, импульсного клапана 2 и соединительной трубы 3 (см. рис. 2).

Импульсный клапан предназначен для формирования команд на открытие и закрытие главного клапана, путем разгрузки надзолотниковой полости ГК от давления рабочей среды или подачи в нее рабочей среды.

Импульсный клапан состоит из чувствительного элемента – сильфона 2.6, упругого элемента – пружины 2.7; затвора, обеспечивающего перекрытие проходного сечения клапана и состоящего из седла 2.2 и золотника 2.3, сильфонного узла 2.4, корпуса 2.1, дросселя 2.5, прокладок 2.8. ИК снабжен электромагнитом на открытие 2.9.

Электромагнит выполнен с встроенным выпрямительным устройством 2.10. Ток на входе в электромагнит – переменный, частота – 50 Гц, напряжение (220_{-33}^{+22}).

В новом ИК площадь чувствительного элемента больше, чем в импульсных клапанах при подаче среды под золотник, в которых чувствительным элементом является сам золотник. В разработанном ИК применен сильфон 75-12-0,2×6 с эффективной площадью 33,68 см². Этим обеспечивается большая чувствительность нового клапана, т.е., способность открываться на полный ход в пределах допускаемого превышения давления в системе, несмотря на возможное залипание в затворе и при этом легче достигается повышенная герметичность в затворе.

По характеру работы этот ИК является клапаном пропорционального действия, который открывается постепенно по мере роста давления в системе и постепенно закрывается, но при меньшем снижении давления против рабочего.

Давление закрытия, при котором ИК закрывается после срабатывания в разработанном импульсном клапане $P_3 \geq 0,9 P_p$. ИК обеспечивает герметичность в затворе при последующем установлении рабочего давления.

Главный клапан является основным составляющим элементом ИПУ, который управляется рабочей средой и предназначен для сброса избыточного давления рабочей среды из защищаемой системы, имеет поршневой привод разгрузки. Главный клапан состоит из корпуса 1.1 с наплавленным седлом, золотника 1.2, втулки 1.3, сигнализатора крайних положений золотника 1.4, прокладок 1.5. ГК снабжен сигнализатором крайних положений запорного органа (золотника) новой конструкции (рис. 2).

При закрытом положении клапана контакты сигнализатора I (рис. 2) разомкнуты, а контакты сигнализатора II – замкнуты.

При открытом клапане контакты сигнализатора I замкнуты, а контакты сигнализатора II разомкнуты.

Сигнализатор положения запорного органа ГК дает информацию о закрытом или открытом положении главного клапана на пульт управления и предназначен для фиксации положения запорного органа ГК при срабатывании ИПУ.

Внедрение данного сигнализатора направлено на устранение отступлений конструкции ГК от действующих Правил устройства и безопасности эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, а следовательно направлено – на повышение надежности работы ГК и ИПУ УФ50025-100И1 в целом.

Электрические элементы (электромагнит и сигнализатор) ИПУ соответствуют требованиям нормативной документации в части электромагнитной совместимости.

В новом ИПУ в разъемных соединениях были использованы спирально-навитые прокладки (СНП): типа SW(501)/1.4541(AISI)/графит концерна „GARLOCK” по ТУ У20063327.002-2000, применение которых позволяет:

- сократить количество ремонтов и как следствие остановок ИПУ;
- сохранить уплотнительные свойства при ослаблении затяжки болтов и вибрациях;
- повысить ремонтпригодность ИПУ, т.к. СНП легче демонтируются, поскольку «не прилипают» к поверхности;
- улучшить герметичность;
- снизить нагрузки на крепежные детали фланцевого соединения, т.к. обжатие СНП на 25÷30% является достаточным для обеспечения герметичности разъемов, при этом удельное давление на спиральной части СНП примерно равно $g \approx 100$ МПа и не зависит от типа СНП и фланцевого соединения.

Испытание промышленных образцов ИПУ УФ50025-100И1 подтвердило правильность расчетов объема надзолотниковой камеры ГК, а также сечения дроссельного отверстия импульсного клапана и показали, что объем камеры и сечения дросселя ИК достаточные, для обеспечения необходимого быстродействия при закрытии. Так как при срабатывании ИК сечение дросселя не меняется, площадь открытого сечения ИК должна быть достаточной, чтобы компенсировать расход через дроссель и кольцевой зазор между втулкой и поршневыми кольцами и обеспечить требуемое быстродействие при открытии главного клапана.

Вышеуказанные мероприятия позволили достичь быстродействие ИПУ с момента открытия ИК до срабатывания ГК до 2 с.

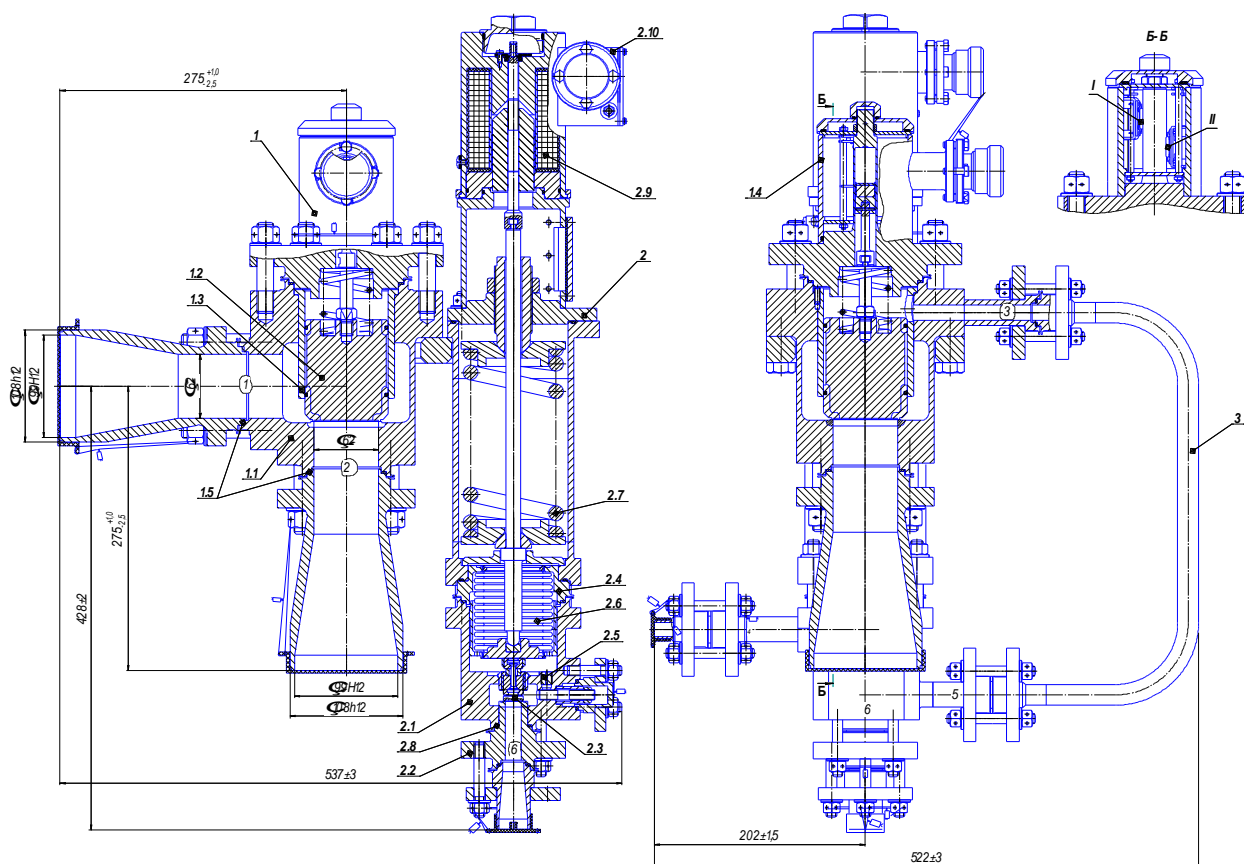


Рисунок 2 – Импульсно-предохранительное устройство УФ50025-100И1

Выводы. Наиболее рациональным для использования в атомной энергетике являются импульсно-предохранительное устройство с приводом разгрузки с подачей давления на золотник главного клапана и с импульсным клапаном с подачей давления на золотник и чувствительный элемент – типа УФ 50025-100И1.

1. Эти ИПУ обладают высокой чувствительностью и надежностью вследствие большой площади чувствительного элемента; высокой герметичностью в затворах главного и импульсного клапанов, благодаря подаче давления на золотник; независимостью работы от величины противодействия; компактностью обеспечиваемой приводом разгрузки.

2. Применение пропорционального импульсного клапана увеличивает долговечность ИПУ и ИК, т.к. пропорционально работающий клапан обеспечивает меньшую частоту срабатывания. Открывшись, он закрывается только при прекращении аварийного расхода.

3. Новое ИПУ УФ50025-100И1 отвечает всем требованиям Правил АЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПН АЭ Г-7-008-89. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 169 с.
2. Кондратова Т.Ф. Предохранительные клапаны. - Л.: Машиностроение, 1976. – 231с.

Стаття надійшла 05.05.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Саленком О.Ф.