

Роль функциональных групп в классификации оборудования и обеспечении безопасности атомных станций

Рассматриваются аспекты классификации технологического оборудования и средств автоматизации атомных станций по безопасности. Указывается, что в настоящее время передача класса безопасности от классифицированных по безопасности функций к технологическому оборудованию и средствам автоматизации, которые эти функции реализуют, некорректна. Предлагается введение при классификации функциональных групп, которые играют важнейшую роль в обеспечении безопасности АЭС и являются основой создания любой управляющей системы, поскольку никакой другой компонент управляющей системы не обладает такой полнотой и однозначностью требований по показателям качества. Управляющая система представляет собой лишь совокупность функциональных групп и характеризуется набором их характеристик.

Ключевые слова: АЭС, классификация технологического оборудования и средств автоматизации, безопасность, функциональные группы.

А. С. Алпеев

Роль функціональних груп у класифікації обладнання та забезпеченні безпеки атомних станцій

Розглядаються аспекти класифікації технологічного устаткування і засобів автоматизації атомних станцій за безпекою. Вказується, що передача класу безпеки від класифікованих за безпекою функцій до технологічного обладнання та засобів автоматизації, які ці функції реалізують, на даний час є некоректною. Пропонується введення при класифікації функціональних груп, які відіграють найважливішу роль у забезпеченні безпеки АЕС і є основою створення будь-якої керуючої системи, оскільки ніякий інший компонент керуючої системи не володіє такою повнотою й однозначністю вимог за показниками якості. Керуюча система є лише сукупністю функціональних груп і характеризується набором їх характеристик.

Ключові слова: АЕС, класифікація технологічного устаткування і засобів автоматизації, безпека, функціональні групи.

© А. С. Алпеев, 2013

Классификация оборудования атомных станций по безопасности является одним из краеугольных аспектов обеспечения их безопасности, поскольку класс безопасности оборудования определяет его важность для обеспечения безопасного функционирования, а следовательно, и требования к его качеству. Весь смысл классификации оборудования атомных станций состоит в том, чтобы выделить из его состава наиболее существенно влияющее на безопасность оборудование, а затем изготовить это оборудование с требуемым качеством, а также осуществлять его диагностику и техническое обслуживание на современном уровне в процессе эксплуатации.

Для решения этой задачи международные организации, например МАГАТЭ и МЭК, применяют хорошо известный и оправданный практикой подход, связанный с классификацией по безопасности выполняемых системами атомных станций функций. Как известно, в соответствии с МЭК 61226, в основе классификации оборудования АЭС, которое может быть представлено технологическим оборудованием и средствами автоматизации, лежит классификация выполняемых системами атомных станций функций по влиянию на безопасность. Это общепризнанный подход к классификации. Однако функция, как это принято, определяется совокупностью действий, выполнение которых направлено на достижение требуемой цели. Таким образом, основа классификации, представляемая выполняемыми действиями оборудования, дает основание переходить к классификации оборудования атомной станции вполне определенным образом: каждая выполняемая функция, отнесенная к определенному классу по влиянию на безопасность, как бы передает этот класс на совокупность оборудования, которое ее выполняет. Для осуществления однозначной передачи класса безопасности, назначенного функции, необходимо поставить в соответствие каждой функции совокупность оборудования, которое реализует рассматриваемую функцию, и затем присвоить класс безопасности этой функции выделенной совокупности оборудования. Этот вполне логичный переход от функции к оборудованию (технологическому оборудованию или средствам автоматизации) по каким-то соображениям в нормативных документах умалчивается.

В 2001 г. в НП-026-01 «Требования к управляющим системам, важным для безопасности атомных станций» впервые была определена функциональная группа управляющей системы АЭС как элемент для классификации. В 2004 г. этот документ был откорректирован и введен в действие с обозначением НП-026-04. В НП-026-04 понятие *функциональная группа* определена следующим образом: «Функциональная группа — принятая в проекте часть управляющей системы, представляющая собой совокупность средств автоматизации, выполняющих заданную функцию управляющей системы». Это позволило снять многие проблемы, связанные с классификацией управляющих систем. В первую очередь следует напомнить, что до введения функциональных групп (ФГ) классификация управляющих систем проводилась в соответствии с документом ОПБ-89 (впоследствии НП-001-97), в котором элемент классификации определялся и до сих пор определяется во множественном числе следующим образом: «Элементы — оборудование, приборы, трубопроводы, кабели, строительные конструкции и другие изделия, обеспечивающие выполнение заданных функций самостоятельно или в составе систем и рассматриваемые в проекте в качестве структурных единиц при выполнении анализов

надежности и безопасности». Такое определение элемента примерно соответствует определению элементов, важных для безопасности, приведенному в глоссарии МАГАТЭ и документе МЭК 61226.

Как следует из этого определения, для управляющих систем в качестве элемента можно было выбирать любой компонент, входящий в состав электронных и электрических схем: полупроводник, сопротивление, емкость, пайку и т. п. Такое множество элементов для классификации приводило к невозможности ее выполнения по управляющей системе в полном объеме. Далее нужно было определять качество каждого элемента и условия его взаимодействия с другими элементами в процессе выполнения функций. Для этой цели создавалась целая сеть контроля производителей элементов управляющих систем на предприятиях, что приводило к росту численности надзорных органов, контролируемых выпускаемые изделия на различных предприятиях. Тем не менее, это позволяло надзорным органам контролировать проектные организации, указывая им, например, на то, что выбраны средства автоматизации (компоненты) не требуемого качества.

Введенное в НП-026–04 определение функциональной группы управляющей системы, таким образом, позволило проблему множества «элементов» для классификации управляющих систем снять и перевести центр деятельности надзора на конечный этап — контроль качества реализации функциональных групп управляющих систем. Это привело к тому, что класс безопасности стал присваиваться не отдельным электронным или электрическим компонентам управляющих систем, а совокупностям компонентов этих систем, которые принимают участие в реализации требуемой функции, т. е. функциональной группе. Теперь разработчики и проектировщики управляющих систем могут выбирать на рынке различные средства автоматизации (компоненты) самостоятельно, но таким образом, чтобы получаемая в результате разработки каждая ФГ обеспечивала необходимое качество выполнения функции, требования к которой, как правило, составляют основу технического задания на любую функцию управляющей системы. В этом случае задачи надзорных органов связаны в основном с контролем всех видов и условий испытаний, которые проводятся в рамках разработки, поставки и эксплуатации управляющих систем и которые выявляют соответствие выполняемых функций требуемым нормам и правилам, установленным в нормативных документах.

Однако для технологического оборудования эта проблема множества элементов классификации по безопасности до сих пор не решена. По четырем классам безопасности классифицируются только дискретные элементы технологического оборудования, такие как насосы, клапаны, трубопроводы, задвижки и т. п. В результате классификация по безопасности технологических функций не передает свой класс безопасности совокупности технологического оборудования, которое эти функции выполняет, хотя это предполагается по умолчанию.

Для успешного решения данных задач в надзорной деятельности необходима нормативная база, которая должна бы обоснованные и проверенные практикой нормы по корректному проведению классификации технологического оборудования и управляющих систем по безопасности, однозначному соответствию каждого класса функциональной группы требованиям качества и численные показатели качества для каждой функциональной группы.

В настоящее время задача с нормами по классификации функциональных групп управляющих систем и присвоения им категории качества в НП-026–04 решена. Однако типы ФГ и соответствующее им качество определены не в должной степени однозначно. Это работа ближайшего будущего.

Тем не менее, в полной уверенности можно уже говорить о том, что ФГ служит основой создания любой управляющей системы, поскольку никакой другой компонент управляющей системы не обладает такой полнотой и однозначностью требований по показателям качества. Например, точность, быстродействие, безотказность не могут быть однозначными характеристиками системы, поскольку она, как правило, представляет набор ФГ разной классификации и, соответственно, разного качества. Тем более, требуемые показатели качества функции не могут быть отнесены к каждой компоненте функциональной группы.

Для того чтобы переход от классификации функций к классификации оборудования атомных станций был более корректен, можно рекомендовать введение в документ МЭК 61226 понятия функциональной группы управляющей системы. Кроме того, введение в этот документ категоризации классифицированных ФГ управляющих систем по качеству их реализации, как, например, это сделано в НП-026–04, позволило бы продемонстрировать завершенность процесса классификации.

Даже классификация систем по безопасности (важная система для безопасности или система, не влияющая на безопасность) должна определяться по наличию или отсутствию в системе функциональной группы, важной для безопасности. Если хотя бы одна функциональная группа, важная для безопасности, в системе есть, система относится к классу систем, важных для безопасности; если нет, — к классу систем, которые не влияют на безопасность.

Обычно управляющие системы могут содержать следующие типовые наборы функциональных групп:

автоматические управляющие функциональные группы — функциональная группа защиты; функциональная группа логического управления; функциональная группа регулирования;

автоматизированные исполнительные функциональные группы — выполнение защит; выполнение регулирования; выполнение логического управления;

информационные функциональные группы — функциональная группа отображения; функциональная группа сигнализации; функциональная группа регистрации.

Наименование конкретной ФГ управляющей функции указывается технологическим параметром, по которому она реализуется, например: защита по мощности, защита по периоду подъема мощности, регулирование расхода теплоносителя, регулирование скорости вращения. Дальнейшее уточнение наименования ФГ выполняется указанием технологического оборудования, к которому относится технологический параметр, например: защита по мощности ядерного реактора, регулирование скорости вращения ГЦН.

Наименование конкретной ФГ исполнительной функции указывается технологическим параметром, по которому она реализуется, например: выполнение оператором защиты по мощности. Дальнейшее уточнение наименования ФГ выполняется указанием технологического оборудования, к которому относится технологический параметр, например: выполнение (запуск) оператором защиты

по мощности ядерного реактора, выполнение оператором регулирования скорости вращения ГЦН.

Наименование конкретной ФГ информационной функции указывается технологическим параметром, по которому она реализуется, например: отображение мощности, периода подъема мощности. Дальнейшее уточнение наименования ФГ выполняется указанием технологического оборудования, к которому относится технологический параметр, например: отображение мощности ядерного реактора, регистрация скорости вращения ГЦН.

В НП-026–04 [2, прил. 1] представлены категории ФГ управляющих систем и наименование качества, которое должно быть определено для функциональной группы в зависимости от назначаемой категории. Значения показателей качества регламентируются различными государственными стандартами, которые хорошо известны и широко используются проектными организациями и разработчиками средств автоматизации и управляющих систем.

Рассмотрим, например, *требования по надежности для ФГ УСВБ* по ГОСТ 27.445–87:

- безотказность;
- ремонтпригодность;
- долговечность.

Показатели *безотказности* ФГ УСВБ должны быть, в зависимости от выполняемой функции, следующими:

- по функциям АЗ: вероятность невыполнения функции на требование — не более $5 \cdot 10^{-7}$ /год;
- средний параметр потока ложных срабатываний функции АЗ вследствие отказов — не более 0,1/год;
- по функциям управления всех видов наработку на отказ — не менее $1 \cdot 10^5$ ч.

Показатели надежности ФГ УСВБ должны быть такими, чтобы обеспечить:

- по информационным функциям — параметр потока отказов не более $2 \cdot 10^{-5}$ /ч (среднее время между отказами не менее 50000 ч);
- по функциям диагностики — параметр потока отказов не более $1 \cdot 10^{-4}$ /ч.

Показателем *ремонтпригодности* ФГ УСВБ является среднее время восстановления, которое должно быть:

- по функциям АЗ — не более 1 ч;
- по функциям управления — не более 1 ч;
- по функциям информационным — не более 2 ч.

Назначенный срок службы ФГ УСВБ (*долговечность*) должен быть не менее 30 лет; ТС, входящих в состав ФГ УСВБ, — не менее 15 лет.

Методы обеспечения указанных показателей надежности должны быть установлены в эксплуатационной документации, подтверждены расчетом или испытаниями, а также результатами эксплуатации с использованием статистических методов.

Следует отметить, что ФГ управляющих систем полностью соответствуют структурам, формируемым для расчета надежности функций этих систем. Поэтому опыт формирования ФГ появился вместе с первыми расчетами надежности функций управляющих систем.

Кроме того, при формировании таких свойств системы, как независимость, в первую очередь должна формироваться независимость ФГ, которая выполняет функцию, независимость которой требуется. При этом в составе системы должна обеспечиваться сначала независимость этой функциональной группы от других функциональных групп этой системы, имеющих класс безопасности ниже. Следующий шаг — обеспечить независимость системы

от других систем и, далее, независимость источников энергоснабжения. Таким образом, независимость прежде всего должна обеспечиваться для компонентов ФГ, выполняющей требуемую функцию, а затем уже для ФГ, которая реализует требуемую функцию в системе, и, наконец, для системы, в которую она входит.

При испытаниях управляющих систем, как это делается на практике, проверяется работоспособность всех ФГ управляющей системы на соответствие требованиям технического задания; при этом проверяются все требования технического задания, которые определяют качество реализации требуемых функций. По результатам таких испытаний делается вывод о готовности управляющей системы к функционированию в условиях эксплуатации.

В заключение целесообразно отметить, что в целях обеспечения корректности классификации оборудования АЭС необходимо введение в нормативные документы функциональных групп как технологического оборудования для классификации, так и средств автоматизации, и их категоризации по качеству в соответствии с классом выполняемых функций. ФГ при классификации, разработке, испытаниях и эксплуатации управляющих систем, как показывает опыт, играют определяющую роль в реализации качества требуемых функций управляющих систем для всех режимов эксплуатации атомных станций и, в конечном счете, качестве и безопасности функционирования АЭС.

Список использованной литературы

1. *НП-001–97*. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций.
2. *НП-026–04*. Требования к управляющим системам, важным для безопасности атомных станций.
3. *ГОСТ Р МЭК 61226–2011*. Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности.
4. Глоссарий МАГАТЭ. — Вена: МАГАТЭ, 2007.
5. *ГОСТ 27.445–87*. Системы контроля нейтронного потока для управления и защиты ядерных реакторов.

References

1. *NP-001–97*. General safety of nuclear power stations. — (Rus)
2. *NP-026–04*. The requirements for control systems important to safety of nuclear power plants. — (Rus)
3. *IEC 61226–2011*. Nuclear plants. Management and control systems important to safety. — (Rus)
4. Safety Glossary. — Vienna: IAEA, 2003. (Rus)
5. *GOST 27.445–87*. Neutron flux monitoring system for the management and security of nuclear reactors. (Rus)

Получено 21.10.2013.