ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 61888— 2021

УСТАВКИ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Выбор и поддержание в заданных условиях

(IEC 61888:2002, Nuclear power plants — Instrumentation important to safety — Determination and maintenance of trip setpoints, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Акционерным обществом «Русатом Автоматизированные системы управления» (АО «РАСУ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 апреля 2021 г. № 219-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 61888:2002 «Атомные станции. Контрольно-измерительные системы, важные для безопасности. Определение и обслуживание уставок аварийной защиты» (IEC 61888:2002 «Nuclear power plants — Instrumentation important to safety — Determination and maintenance of trip setpoints», IDT).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА.

Дополнительные сноски в тексте настоящего стандарта выделены курсивом

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Положения настоящего стандарта действуют в целом в отношении сооружаемых по российским проектам атомных станций за пределами Российской Федерации, а также в отношении сооружаемых на территории Российской Федерации атомных станций в части, не противоречащей требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2021

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Обозначения и сокращения 3
5 Определение уставок 3
5.1 Безопасность 4
5.2 Анализ безопасности 4
5.3 Параметры ограничивающей системы безопасности (ПОСБ) 4
5.3.1 Погрешность канала и уставка аварийной защиты 4
5.3.2 Определение погрешности канала (ПК) 8
5.3.3 Уставка аварийной защиты 9
5.3.4 Допустимое значение 9
5.4 Сочетание погрешностей 9
5.4.1 Метод квадратного корня суммы квадратов (ККСК) 9
5.4.2 Алгебраический метод 9
5.5 Особенности эксплуатации 10
5.6 Диапазон измерительного канала 10
6 Документация 10
7 Поддержание уставок системы безопасности 10
7.1 Испытания 11
7.2 Замена 11
Приложение А (справочное) Пример определения уставки 12
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 14
Библиография 15

Введение

Целью настоящего стандарта является предоставление описаний и рекомендаций по определению и ведению расчетов уставок измерительных приборов, связанных с требованиями МЭК 61513. Настоящий стандарт рассматривает известные ошибки, сказывающиеся на работе канала, контролирующего технологический процесс (начиная с первичного элемента и датчика) вплоть до конечного устройства уставки включительно. Данный стандарт применяют для определения уставок для автоматизированных действий. Рекомендации также могут быть использованы для определения показателей погрешности результатов испытаний или решений, принимаемых оператором.

Как правило, МАГАТЭ SSR-2/1 (Rev. 1) и правительственный регламент страны-участника требуют, чтобы там, где определена важная уставка срабатывания для переменного параметра, по которому был задан предел безопасности, настройки должны быть подобраны таким образом, чтобы автоматическое защитное действие устраняло возникновение наиболее тяжелых аварийных ситуаций до того, как будет превышен предел безопасности. Неверный выбор уставки, не оставляющий достаточного запаса вследствие неучета погрешности измерительного прибора, ожидаемых условий окружающей среды и небольших отклонений калибровки, может привести к отказу в срабатывании защиты до превышения предела безопасности. Защитные приборы обеспечивают уставками, чтобы инициировать, прекратить или запретить конкретные действия. Уставки необходимо сохранять в рамках установленных пределов, как указано в лицензиях на эксплуатацию, путем периодических проверок способности канала выполнять свою функцию.

Наиболее распространенной причиной несогласованности уставки с требованием лицензионного или технического регламента является выбор значения уставки, не обеспечивающий достаточный запас между пределом, установленным лицензией или техническим регламентом, и фактической настройкой с учетом погрешности измерительного прибора, ожидаемых условий окружающей среды и небольших отклонений калибровки. В некоторых случаях выбирают значение уставки, численно равное предельному значению в соответствии с лицензией или техническим регламентом, заявляя это значение как безусловное, не оставляя, таким образом, ощутимого запаса для погрешностей. В других случаях выбирают уставку настолько близкую к верхнему или нижнему пределу диапазона измерений прибора, что дрейф показаний прибора приводит к выходу уставки за пределы диапазона измерений, тем самым аннулируя функцию отключения. Другими причинами несогласованности уставки с требованием лицензионного или технического регламента являются несовершенство конструкции приборов и ненадежные процедуры калибровки.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УСТАВКИ АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Выбор и поддержание в заданных условиях

Trip setpoints for nuclear power plants.
Selection and maintenance under specified conditions

Дата введения — 2022—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования, обеспечивающие нахождение и поддержание автоматических уставок для приборов системы ядерной безопасности в рамках установленных пределов на атомных станциях и на объектах использования атомной энергии.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения).

IEC 60050-394:1995[1], International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments [МЭК 60050-394:1995, Международный электротехнический словарь (МЭС). Глава 394. Ядерное приборостроение. Приборы]

IEC 60671[2], Periodic testing and monitoring of the protective system of nuclear reactors (МЭК 60671, Система защиты ядерных реакторов. Периодические испытания и контроль)

IEC 61513:2001[3], Nuclear power plants — Instrumentation and control for system important to safety — General requirements for systems (МЭК 61513:2001, Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Общие требования)

IAEA NS-R-1:2000[4], Safety of nuclear power plants: Design (МАГАТЭ NS-R-1, Безопасность атомных электростанций. Проектирование)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

---

[1] В настоящее время действует IEC 60050-395 (2014). Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[2] Заменен на IEC 60671 (2007), Nuclear Power Plants — Instrumentation and control systems important to safety — Surveillance testing (Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Контрольные испытания).

[3] Заменен на IEC 61513 (2011). Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

[4] В настоящее время действует IAEA SSR-2/1 (Rev. 1). Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

Издание официальное

Примечание — Дополнительные термины и определения, относящиеся к контрольно-измерительному оборудованию, приведены в МЭК 60050-394.

3.1 **допустимое значение** (allowable value): Предельно допустимое значение уставки аварийной защиты при периодических тестированиях, при превышении которого должны быть приняты соответствующие меры.

3.2 **аналитический предел (уставки)** [analytical limit (of setpoint)]: Предельное значение измеренного или рассчитанного переменного параметра, определенного анализом эксплуатационной безопасности, гарантирующее, что предел безопасности не превышен. Запас между аналитическим пределом (уставки) и пределом безопасности позволяет учитывать:

- время срабатывания измерительного канала;
- диапазон переходных процессов, связанных с рассматриваемой аварией.

3.3 **реальное состояние** (as found): Состояние, в котором находится канал или часть канала после определенного периода эксплуатации и перед повторной калибровкой (при необходимости).

3.4 **конечное состояние** (as left): Состояние, в котором находится канал или часть канала после калибровки или окончательной проверки заданного значения (уставки) устройства.

3.5 **дрейф, отклонение** (drift): Нежелательное изменение на выходе в течение периода времени, когда изменение не связано с входными данными, средой или нагрузкой.

3.6 **погрешность** (error): Алгебраическая разница между показанием и теоретическим значением измеряемого сигнала.

3.7 **конечное задающее устройство** (final setpoint device): Устройство или совокупность устройств, обеспечивающих входные данные для процесса логического выбора для действующего оборудования.

Примечание — Примерами конечных задающих устройств являются схемы с двумя устойчивыми состояниями, реле, переключатели давления и переключатели уровня.

3.8 **побочные частоты** (foldover): Характеристика устройства, которая проявляется, когда дальнейшее изменение входа создает выходной сигнал, меняющий свое направление относительно указанного соотношения вход-выход.

3.9 **независимая погрешность** (independent uncertainty): Составляющие погрешности, независимые друг от друга, если их значения или алгебраические знаки не имеют существенной корреляции.

3.10 **измерительный канал**[1)] (instrument channel): Компоновка элементов и модулей, включая датчик(и), необходимая для генерации сигнала однократного защитного действия, когда этого требуют сложившиеся условия.

3.11 **диапазон измерительного канала** (instrument channel range): Область между крайними значениями, в пределах которой величина измерена, получена или передана.

Примечание — Выражают указанием нижнего и верхнего предела диапазона измерительного канала.

3.12 **параметры ограничивающей системы безопасности,** ПОСБ [limiting safety system setting (LSSS)]: Параметры для автоматических защитных устройств ядерных реакторов, относящиеся к переменным с важными функциями обеспечения безопасности.

3.13 **аппаратура системы аварийной защиты ядерного реактора**[2)] (nuclear safety system instrumentation): Электронное и электрическое оборудование или приборы для обеспечения надлежащего контроля и мониторинга ядерного реактора, включая всю аппаратуру системы управления и защиты ядерного реактора.

3.14 **первичный элемент** (primary element): Элемент системы, количественно преобразующий измеренную переменную энергию в форму, подходящую для измерения.

[1)] *В НП-026-16 под термином «измерительный канал (канал контроля)» понимают функционально выделяемую часть системы, выполняющую законченную функцию, — от восприятия измеряемой величины до получения результата ее измерений.*

[2)] *В НП-082-07 под термином «система управления и защиты» понимают совокупность средств технического, программного и информационного обеспечения, предназначенных для обеспечения безопасного протекания цепной ядерной реакции деления. Система управления и защиты — система, важная для безопасности, совмещающая функции нормальной эксплуатации и безопасности и состоящая из элементов управляющих систем нормальной эксплуатации, защитных, управляющих и обеспечивающих систем безопасности.*

3.15 **произвольная переменная** (random): Переменная, значение которой не может быть точно спрогнозировано на определенный будущий момент времени, но может быть приблизительно оценено с помощью функции распределения вероятностей.

3.16 **базовая погрешность** (reference accuracy): Число или величина, определяющие предел, который не будут превышать погрешности при использовании устройства в заданных условиях эксплуатации.

3.17 **предел безопасности**[1] (safety limit): Ограничение важного технологического параметра, необходимое для достаточной защиты целостности физических барьеров, защищающих от неконтролируемого выброса радиоактивности.

3.18 **система безопасности**[2] (safety system): Система, важная для безопасности, обеспечивающая гарантированное безопасное отключение реактора и отвод тепла от активной зоны и/или ограничение последствий ожидаемых эксплуатационных нарушений и режима проектных аварий (см. МЭК 61513).

3.19 **насыщенность** (saturation): Характеристика устройства, выражающаяся в том, что дальнейшее изменение входного сигнала не приводит к дополнительным изменениям выходного сигнала или вызывает постепенное уменьшение изменения на выходе.

3.20 **датчик** (sensor): Часть канала, реагирующая на изменения переменного технологического параметра или состояния установки и преобразующая измеренный технологический параметр в сигнал, например электрический или пневматический.

3.21 **испытательный интервал** (test interval): Время, прошедшее между началами (или успешными завершениями) испытаний одного и того же датчика, канала, группы нагрузки, группы безопасности, системы безопасности или другой указанной системы или устройства.

3.22 **уставка аварийной защиты** (trip setpoint): Заданное значение для срабатывания устройства конечной уставки для инициации защитного действия.

3.23 **погрешность канала** (channel uncertainty): Значение выходного сигнала канала прибора, которое вызывает сомнение (или сделанное по этой причине допущение) из-за возможных случайных или систематических погрешностей, на которые не были сделаны корректирующие поправки.

Примечание — Погрешность канала обычно определяют в рамках вероятности и доверительного уровня.

4 Обозначения и сокращения

АП (AL) — аналитический предел;

ККСК (SRSS) — квадратный корень суммы квадратов;

ПК (CU) — погрешность канала;

ПОСБ (LSSS) — параметры ограничивающей системы безопасности;

УАЗ (TS) — уставка аварийной защиты.

5 Определение уставок

Уставки аварийной защиты в аппаратуре системы ядерной безопасности должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить достаточное допустимое отклонение уставки аварийной защиты от аналитического предела, составляющего погрешность оценки. Подробные требования к взаимосвязи уставок приборов системы ядерной безопасности приведены далее в настоящем разделе и проиллюстрированы на рисунке 1.

---

[1] *В НП-001-15 под термином «пределы безопасной эксплуатации АС» понимают установленные проектом АС значения параметров технологического процесса, отклонения от которых могут привести к аварии. Различают пределы безопасной эксплуатации по радиационным параметрам и пределы безопасной эксплуатации по другим технологическим параметрам. Нарушение пределов безопасной эксплуатации по радиационным параметрам является аварией.*

[2] *В НП-001-15 под термином «системы (элементы) безопасности» понимают системы (элементы), предназначенные для выполнения функций безопасности при проектных авариях.*

Важность различных типов уставок системы ядерной безопасности различна, и поэтому целесообразно применять различные требования к определению уставок.

Обязательную методологию с учетом всех правил, указанных в 5.1—5.4.2, следует использовать для определения уставок автоматического отключения или срабатывания, связанных с системами контроля и управления, важными для безопасности, например анализирующими безопасность электростанций, имеющими прямое отношение к защите реактора, системе аварийного охлаждения активной зоны, изоляции защитной оболочки ядерного реактора, отводу тепла от защитной оболочки. Для определения уставок, не имеющих обязательных требований такого же уровня, например тех, которые не связаны с анализом безопасности или не имеют установленных предельных значений, методика может быть менее строгой. Все неопределенные параметры, используемые для определения конкретной уставки, как правило, не являются обязательно востребованными для расчета всех уставок. Используемая методика должна быть задокументирована и должным образом обоснована.

5.1 Безопасность

Физические барьеры предназначены для предотвращения неконтролируемого выброса радиоактивности.

Пределы безопасности выбирают для поддержания целостности этих физических барьеров. В соответствии с настоящим стандартом проектные ограничения для инженерных параметров безопасности рассматривают так же, как пределы безопасности. Пределы безопасности могут быть определены на основе непосредственно измеренных переменных технологических параметров, таких как давление и температура. Пределы безопасности также могут быть определены на основе рассчитанного значения переменной, полученного с учетом двух или более измеренных переменных технологических параметров. Примером рассчитанной переменной является коэффициент запаса до кризиса пузырькового кипения.

5.2 Анализ безопасности

Анализ безопасности устанавливает:

a) аналитический предел на основе измеренной или рассчитанной переменной и

b) промежуток времени, прошедший после достижения этого значения до запуска защитного действия.

Удовлетворение этих двух требований гарантирует, что предел безопасности, определение которому дано в 3.17, не будет превышен во время ожидаемых эксплуатационных нарушений и проектных событий.

Аналитические пределы (АП) устанавливают на основе пределов безопасности, определяемых при изучении аварийных ситуаций. Разница между этими двумя значениями позволяет учитывать время в зависимости от протекания самого процесса и время срабатывания всех измерительных каналов защиты (датчика, сигнализации, исполнительного механизма и т. д.). АП представляет собою значение, которое не должно быть превышено до завершения предписанного действия. При установлении АП для определения уставки должна быть тщательно рассмотрена итоговая функция, инициируемая действием уставки. Обычно аналитический предел устанавливают по проектной документации или с помощью других расчетов. Если аналитический предел не установлен, необходимо тщательно продумать и подготовить расчет уставки.

5.3 Параметры ограничивающей системы безопасности (ПОСБ)

Установление ПОСБ имеет целью гарантировать, что защитное действие будет инициировано до того, как условия технологического процесса достигнут аналитического предела, тем самым ограничивая последствия проектных событий по сравнению с последствиями, прогнозируемыми анализом безопасности.

ПОСБ устанавливают исходя из аналитического предела способом, определенным методикой расчета уставок.

ПОСБ указывают в технических требованиях или в инструкциях по эксплуатации установки. На рисунке 1 показана взаимосвязь между аналитическим пределом и ПОСБ. Подробные требования по разработке уставок аварийной защиты приведены в 5.3.1—5.3.3.

5.3.1 Погрешность канала и уставка аварийной защиты

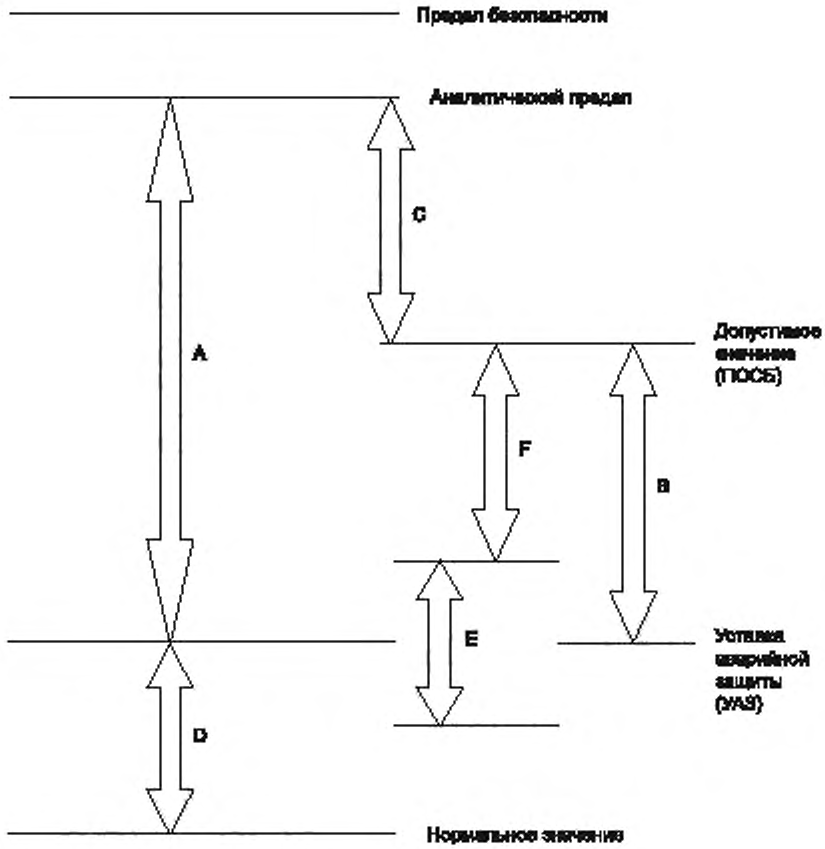
Уставку аварийной защиты устанавливают для конкретного канала.

Данные, используемые для выбора уставки аварийной защиты, могут быть взяты из любого из следующих источников: опыт эксплуатации, результаты аттестационных испытаний оборудования, проектные данные разработчика, результаты инженерного анализа, лабораторных испытаний, а также техническая документация.

Между уставкой аварийной защиты и аналитическим пределом должен быть установлен допуск для обеспечения отключения или принятия защитных мер до достижения аналитического предела. Используемый допуск должен учитывать все возможные проектные события, а также погрешности контрольно-измерительных приборов процесса, если они не были учтены при определении аналитического предела.

Рисунок 1 демонстрирует взаимосвязь между уставкой аварийной защиты и другими параметрами. Область A представляет погрешности, допустимые между аналитическим пределом и уставкой аварийной защиты, и состоит из статистической комбинации погрешностей, описанных в настоящем пункте и в 5.3.2. Утвержденная методика применения уставок аварийной защиты определяет, какие погрешности должны быть включены и как они должны быть совмещены. Данную величину называют погрешностью канала.

Область B обозначает разницу между допустимым значением (см. определение в 5.3.4) и уставкой аварийной защиты. Область C показывает разницу между аналитическим переделом и допустимым значением и учитывает компоненты, не проходящие периодичные тестирования, и последствия аварийных состояний. Область D иллюстрирует разницу между ожидаемым значением технологического параметра во время нормального режима эксплуатации и уставкой аварийной защиты. Область E показывает допуск значения уставки аварийной защиты, который учитывают во время периодичных тестирований. Этот утвержденный допуск включает погрешность калибровки части испытываемого измерительного канала (также называемую погрешностью регулировки) и погрешность самих приборов (модулей электронной обработки) в рабочих условиях [см. перечисление b) ниже]. Область F — это запас безопасности, описанный в перечислении i).



A — допуск, описанный в 5.3.1; B — допуск, описанный в 5.3.4; C — область, где канал может быть неработоспособным, D — резерв при работе установки, E — область допуска калибровки (принятые параметры конечного состояния), описанная в 5.3.1; F — запас безопасности, описанный в 5.3.1

Примечание — Данный рисунок изображает восходящую уставку. Нисходящая уставка имеет такую же взаимосвязь, но в противоположном направлении.

Рисунок 1 — Взаимоотношения уставок, связанных с ядерной безопасностью

На рисунке 2 показан пример, в котором необходимо учитывать погрешности, связанные с технологическим процессом, так же как и погрешности измерений. То и другое описано ниже и применимо к различным частям канала.

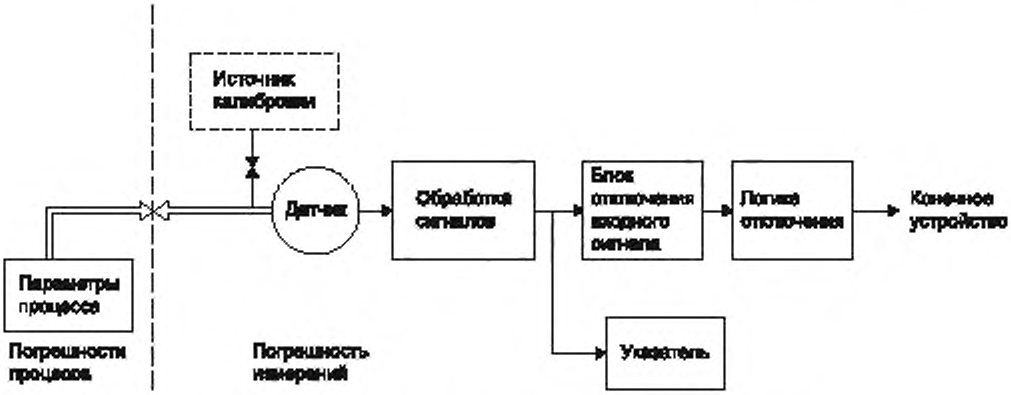


Рисунок 2 — Погрешности процесса и измерительных приборов

Следующие погрешности должны быть рассмотрены, но не все обязательно включены (дополнительные погрешности, применимые к конкретному измерительному каналу, следует учитывать при определении допустимого значения уставки аварийной защиты, в то же время не все перечисленные погрешности применимы к каждому измерительному каналу):

a) погрешности калибровки прибора, обусловленные:

1) стандартом калибровки;
2) калибровочным оборудованием или
3) методом калибровки;

b) погрешности прибора при нормальных условиях работы, обусловленные:

1) базовой погрешностью, в том числе:
   a) соответствием (линейностью),
   b) гистерезисом,
   c) мертвой зоной,
   d) повторяемостью,
   e) побочными частотами (помехами дискретизации),
   f) насыщением;
2) изменением напряжения источника питания;
3) изменением частоты источника питания;
4) изменением температуры;
5) изменением влажности;
6) изменением давления;
7) вибрацией (при обслуживании);
8) радиационным облучением;
9) аналого-цифровым (A—D) преобразованием;
10) цифро-аналоговым (D—A) преобразованием;
11) электромагнитными помехами;
12) старением;
13) методикой периодичных тестирований и ее внедрением, приводящим к учету дополнительных элементов погрешности;

c) дрейф (отклонение) показаний прибора;

Все приборы могут иметь разные интервалы калибровки. Используемый при определении уставки дрейф должен быть основан на интервалах калибровки, индивидуальных для каждого прибора.

d) погрешности прибора, обусловленные проектными событиями;

Следует использовать только погрешности, характерные для данного события или связанные с дрейфом, вызванным старением за время требуемого периода обслуживания. Разрешается использование разных компонентов погрешности для одного и того же технологического оборудования при различных событиях. Должны быть также включены любые остаточные последствия проектного события. Ниже приведены примеры таких последствий (но ими перечень не ограничен):

1) температурные воздействия;

По возможности следует использовать погрешности, связанные с температурными профилями каждого конкретного события. Если это невозможно, используют погрешность, связанную с предельной температурой.

2) радиационные воздействия;

По возможности следует использовать погрешности, связанные с радиационным облучением, для каждого конкретного события. Если это невозможно, используют погрешность, связанную с предельным облучением (включая суммарное интегрированное воздействие дозы и степени облучения).

3) сейсмические/вибрационные эффекты;

В установленном порядке используют погрешности, связанные с безопасным остановом или управлением при землетрясении.

4) воздействие случайных условий окружающей среды на части измерительного канала, расположенного в закрытом пространстве;

e) эффекты, зависящие от процесса;

Определение допуска уставки аварийной защиты должно учитывать погрешности, связанные с технологическим параметром. Примерами являются (но ими не ограничиваются) влияние расслоения жидкости на измерение температуры, влияние изменения плотности жидкости на уровни измерений, вибрация и шум. Рисунок 2 показывает пример, где погрешности процесса необходимо учитывать при определении погрешности канала.

f) погрешности расчетов;

Определение допуска уставки аварийной защиты должно учитывать погрешности, возникающие при использовании математической модели для расчета переменного параметра на основе результатов измерений параметров процесса. В качестве примера (но не ограничиваясь им) можно привести определение мощности первого контура ядерного реактора с помощью калориметрической мощности второго контура.

g) погрешности, обусловленные динамическими эффектами;

Поведение выходного сигнала канала как функции входа, включая датчик, с учетом времени принимают во внимание при определении уставки аварийной защиты либо включают в анализ безопасности. Обычно эти эффекты учитывают при анализе безопасности.

h) учет погрешности калибровки и установки;

Любую погрешность фиксированной амплитуды и известного направления, обусловленную установкой оборудования или методом калибровки, следует устранить при калибровке или учесть при расчете уставки аварийной защиты. На практике эта погрешность (или смещение) может привести к тому, что после калибровки остается невыявленным смещение центра измерительного канала. В связи с тем, что температура внутри электротехнических помещений неизвестна на этапе калибровки электронных модулей, которые являются частью защиты измерительного канала (или в связи с перекалибровкой в результате несоответствия техническим условиям, обнаруженного при периодических испытаниях), смещение центра канала (систематическая ошибка, также называемая погрешностью) может проявиться, и его необходимо будет учесть (вычисление погрешности основано на технических данных электронных модулей и температурных колебаниях в аппаратных).

i) запас безопасности.

Запас безопасности (прочности), соответствующий разрыву между допустимым значением и верхним пределом диапазона E, должен компенсировать неправильную настройку электронных модулей, не обнаруженную в ходе периодического испытания (обычно систематическая ошибка бывает скомпенсирована случайной ошибкой, возникающей во время периодических испытаний). Запас прочности устанавливают таким образом, чтобы гарантированно уставка аварийной защиты не могла превысить допустимого значения в течение всего промежутка времени между двумя периодическими испытаниями.

5.3.2 Определение погрешности канала (ПК)

В первую очередь следует определить параметры, удовлетворяющие условиям вхождения в уравнение, использующее ККСК, в качестве его членов. Они могут быть обозначены символами «*a*» и «*b*» и объединены способом, показанным в приведенном ниже примере.

$$ПК = \sqrt{a^2 + b^2} + c,$$

где a и b — произвольные, независимые и нормально распределенные погрешности;

c — смещение или зависимая погрешность.

Обычно полагают, что погрешности приборов, указанные производителем со знаком «±», являются произвольными погрешностями. Тем не менее это должно быть проверено и обосновано в каждом конкретном случае. Если направление смещений не проверено или не обосновано, погрешности объединяют в уравнении алгебраически в традиционном направлении.

Условия, принятые при расчетах, должны быть обоснованы. Это касается значений погрешностей и способа совмещения компонентов погрешности устройства и схемы. Руководство по методам совмещения приведено в 5.4.

Погрешность канала иногда называют погрешностью цепи или полной погрешностью цепи. Все эти термины применяют к одному и тому же расчетному значению. Термин «погрешность канала» был выбран как наиболее общий, используемый большинством стран.

5.3.3 Уставка аварийной защиты

Уставку аварийной защиты определяют следующим образом:

- УАЗ = АП – ПК — для нарастающего значения уставки,
- УАЗ = АП + ПК — для убывающего значения уставки.

Погрешность канала включает запас прочности, как показано в 5.3.1, i).

5.3.4 Допустимое значение

Цель установления допустимого значения — определить значение, превышение которого может означать, что прибор в области принятой расчетной уставки находился в нерабочем состоянии. Канал, уставка которого в реальных условиях превышает допустимое значение, должен быть проверен на пригодность к эксплуатации с учетом методики расчета уставки. Погрешности, входящие в допуск между допустимым значением и уставкой аварийной защиты (см. область B на рисунке 1) для части испытуемого измерительного канала (обычно периодическое испытание заключается в имитации сигнала датчика на входе измерительного канала с целью создания электрического сигнала, который означает ситуацию, ожидающую защитного действия), учитывают следующее:

a) погрешности калибровки прибора [5.3.1, a)];

b) погрешности прибора при нормальных условиях работы [5.3.1, b)];

c) дрейф показаний прибора [5.3.1, c)].

Допущения, данные и методы, используемые для определения допустимого значения, должны быть задокументированы и соответствовать тем, которые использованы для определения уставки аварийной защиты. Определение допустимого значения применимо только к тем уставкам, которые подвергаются периодическому контролю на соответствие требованиям, установленным лицензией предприятия.

5.4 Сочетание погрешностей

Для сочетания (объединения) погрешностей допустимы следующие методы. ККСК и алгебраический. Также могут быть использованы альтернативные методы, включая вероятностное или стохастическое моделирование или комбинацию ККСК и алгебраического метода.

5.4.1 Метод квадратного корня суммы квадратов (ККСК)

Там, где погрешности произвольны, имеют нормальный характер распределения и независимы, они могут быть объединены методом ККСК. Когда две независимые погрешности ($\pm a$) и ($\pm b$) объединяют таким методом, получают итоговую погрешность ($\pm c$) по формуле

$$\pm c = \pm\sqrt{a^2 + b^2}.$$

5.4.2 Алгебраический метод

В тех случаях, где погрешности показали, что они не являются произвольными, независимыми, а характер их распределения не является нормальным, объединение погрешностей проводят алгебраическим методом. Погрешности объединяют алгебраически (т. е. консервативно), если их направление не подтверждено. Объединение этим методом двух зависимых погрешностей ($+a$, -0) и ($+b$, $-b$) дает в результате третью погрешность, имеющую пределы ($+a$, $+b$, $-b$).

5.5 Особенности эксплуатации

В некоторых случаях необходимо регулировать уставки исходя из условий эксплуатации установки. В качестве примера можно привести ситуацию, когда установка остановлена или работает в режиме пониженной мощности и уставки должны быть настроены на более низкое значение, чем обычно. Перенастройку следует проводить при соответствующем контроле и со вниманием, гарантирующим применение каждый раз подходящих элементов управления конфигурацией.

5.6 Диапазон измерительного канала

Между расчетным значением уставки и верхним (и нижним) пределом диапазона измерительных каналов необходимо сохранять достаточный запас. Чтобы достичь этого, в соответствии с руководством по проектированию уставка не должна находиться в пределах одного значения погрешности канала от верхней (или нижней) границы диапазона измерительного канала.

6 Документация

Различные аспекты расчета погрешностей (погрешности прибора, погрешности, зависящие от процесса, способы вычислений, источники данных и принятые допущения) должны быть документированы.

a) Метод(ы), применяемый для расчета уставки, должен быть отражен в документе. В документе целесообразно представлять следующую информацию:

1) взаимосвязь между аналитическим пределом, допустимым значением, уставкой, параметром реального состояния и параметром конечного состояния;
2) принятые во внимание погрешности;
3) метод, использованный для сочетания погрешностей, и обоснование пригодности этого метода;
4) обоснование использования методов статистического сочетания (отличных от ККСК или алгебраического метода).

b) Расчеты уставок должны быть документированы. Целесообразно включать в документ следующую информацию:

1) описание измерительного канала, включая указание производителя и номера моделей всех устройств, которые вносят вклад в погрешность канала;
2) взаимосвязь между приборами канала и измерителями технологических параметров процесса;
3) предел безопасности;
4) основа для выбора УАЗ;
5) расчеты точности измерительного канала, включая используемые данные и их источник;
6) допущения, принятые для выбора уставки аварийной защиты, например ограничения температуры окружающей среды при калибровке и эксплуатации оборудования;
7) известные значения установочной и калибровочной погрешностей, которые могли бы отразиться на уставке;
8) поправочные коэффициенты для определения уставки, например коэффициент для компенсации давления, учитывающий разность высот между точкой измерения отключающего устройства и датчиком давления.

c) Результаты периодических испытаний каналов должны быть задокументированы. Документ должен включать параметры конечного и исходного (реального) состояний.

7 Поддержание уставок системы безопасности

В настоящем разделе рассмотрены некоторые аспекты, касающиеся поддерживающего обслуживания уставок аварийной защиты системы безопасности, описанных в разделе 5. Информация настоящего раздела является дополнительной к положениям других стандартов, содержащих руководство по обслуживанию уставок, связанных с безопасностью (см. раздел 2 и библиографию).

7.1 Испытания

Периодические испытания измерительных каналов проводят через установленные промежутки времени с целью проверки их способности выполнять заявленную роль в обеспечении безопасности в рамках анализа безопасности. При этом необходимо подтвердить, что в нормальных условиях эксплуатации уставка остается в установленных пределах (в пределах допустимого значения). Дополнительная информация и руководство приведены в МЭК 60671. Для поддержания исследований в данной области необходима официальная документация, а также документы, описывающие любые случаи выхода уставки за установленные пределы в возрастающем или нисходящем направлении, в зависимости от конкретного случая. Подтверждение получают путем фиксирования необходимых исходных (реальных) параметров для определения уставки в виде измеренных или рассчитанных переменных параметров процесса до проведения какой-либо регулировки. В качестве параметров реального состояния используют данные, полученные в момент первого реагирования измерительного канала на проблему, создаваемую при испытании.

Если параметры исходного состояния указывают на то, что регулировка прибора не нужна, в документе достаточно отразить факт проведения испытания и исходные данные. Регулировка прибора не требуется в случае, если значение параметра находится в области E, указанной на рисунке 1. Если же проводят необходимую регулировку, то в документе следует приводить параметры исходного и конечного состояний. Особое внимание следует уделять измерительным каналам, используемым на энергоблоке и требующим специальной калибровки в номинальной рабочей точке (например, учитывающим термогидравлические характеристики первого контура). Калибровка, проводимая при периодическом контроле, не должна ухудшать качество такой специальной калибровки. Может потребоваться анализ риска.

Если параметры исходного состояния свидетельствуют о превышении допустимого значения, должны быть приняты соответствующие меры. Следует определить причины подобной ситуации, оценить работоспособность и предпринять соответствующее корректирующее действие для предотвращения повтора ситуации. Возможны следующие корректирующие действия:

a) корректировка частоты проведения испытаний;

b) изменение уставки (в сторону увеличения запаса прочности);

c) переоценка уставки аварийной защиты или допустимого значения (в зависимости от конкретного случая);

d) оценка установки оборудования и условий окружающей среды;

e) оценка калибровки (оборудования и средств контроля);

f) ремонт или замена устройства.

7.2 Замена

Необходимость замены материалов, деталей и компонентов оценивают, принимая во внимание погрешности приборов и продолжительность действия УАЗ.

Приложение А
(справочное)

Пример определения уставки

Уставка — высокое давление в реакторе

Уставка высокого давления в реакторе является одной из самых важных уставок в проектировании электростанции, так как обычно у нее есть предел безопасности, связанный с корпусом высокого давления реактора и соответствующими проектными пределами сети трубопроводов. При разгрузке первого контура ядерного реактора во многих случаях со снижением давления ниже предела безопасности наблюдалась инициация аварийного останова реактора, связанная с прекращением повышения давления во времени, чтобы не были превышены пределы безопасности.

Ниже приведены примеры значений, используемых при определении уставки высокого давления реактора западной разработки с водой под давлением:

- предел безопасности — 17235 кПа;

Подтверждающие документы: проектные пределы корпуса реактора и связанных с ним трубопроводов согласно национальным требованиям правил машиностроения.

- аналитический предел — 16890 кПа;

Подтверждающие документы: результаты компьютерного анализа безопасности, которые показывают, что для того, чтобы предел безопасности гарантированно не был превышен при повышении начальной температуры, давление в первом контуре не должно превышать 16890 кПа, не включая погрешности прибора.

- погрешность канала — 517 кПа;

Подтверждающие документы: проведенный расчет погрешности контура и уставки, который показал значение общей погрешности 517 кПа с учетом всех предусмотренных погрешностей, описанных в 5.3.1.

- уставка аварийной защиты — 16373 кПа.

Подтверждающие документы: расчеты, учитывающие взаимную связь погрешности канала и уставки.

УАЗ вычисляют следующим образом:

УАЗ = АП – ПК для возрастающей уставки.

В данном случае:

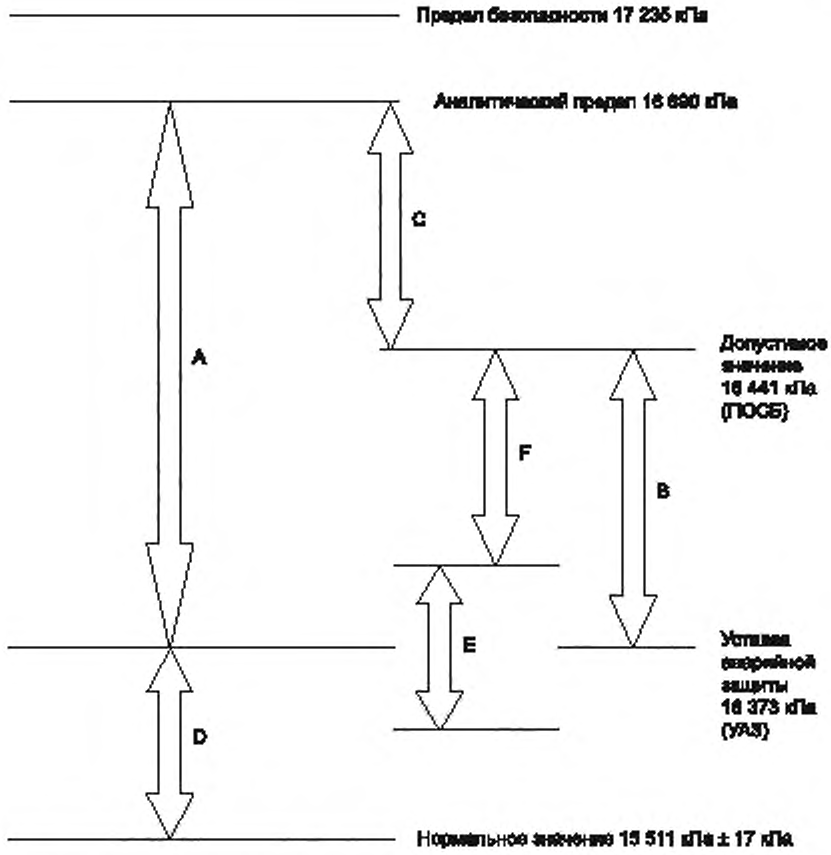
УАЗ = 16 890 кПа — 517 кПа = 16 373 кПа.

Допустимое значение определяют в ходе тех же вычислений, что и отклонение уставки, равное 68 кПа. Отклонение 68 кПа вычисляют в соответствии с 5.3.4, учитывая при расчете только те погрешности, которые применимы для приборов в пределах границы испытаний.

Следовательно, допустимое значение определяют следующим образом:

ПОСБ = УАЗ + 68 кПа = 16 373 кПа + 68 кПа = 16 441 кПа.

На рисунке А.1 проиллюстрировано настоящее определение уставки. В показанном примере нормальный режим эксплуатации обеспечивается при 15511 кПа ± 17 кПа, и, таким образом, рассчитанная уставка находится достаточно далеко от нормального режима работы, чтобы не вызвать ложных срабатываний.



A — допуск, описанный в 5.3.1, B — допуск, описанный в 5.3.4, C — область, где канал может быть неработоспособным; D — резерв при работе установки; E — область допуска калибровки (принятые параметры конечного состояния), описанная в 5.3.1; F — запас безопасности, описанный в 5.3.1

Примечания

1 Этот рисунок предназначен для демонстрации относительного положения, а не для указания направления.

2 Данный рисунок изображает восходящую уставку. Нисходящая уставка имеет такую же взаимосвязь, но в противоположном направлении.

Рисунок А.1 — Взаимосвязь уставок высокого давления в реакторе

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
IEC 60050-394:1995	—	*
IEC 60671	—	*
IEC 61513:2001	IDT	ГОСТ Р МЭК 61513—2011 «Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Общие требования»**
IAEA NS-R-1:2000	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. Текст документа на русском языке доступен на

gost.e-ecolog.ru

** Заменен на ГОСТ Р МЭК 61513—2020.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичный стандарт.

Библиография

IEC 60780:1998, Nuclear power plants — Electrical equipment of the safety system — Qualification

IEC 60880:1986, Software for computers in the safety system of nuclear power stations

IEC 60880-2:2000, Software for computers important to safety for nuclear power plants — Part 2: Software aspects of defence against common cause failures, use of software tools and of pre-developed software

IEC 60980:1989, Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations

IEC 60987:1989, Programmed digital computers important to safety for nuclear power stations

IEC 61226, Nuclear power plants — Instrumentation and control system for safety — Classification

IAEA Safety Guide 50-SG-D1:1979, Safety functions and component classification for BWR, PWR and PTR

IAEA Safety Guide 50-SG-D3:1980, Protection system and related features in nuclear power plants

IAEA Safety Guide 50-SG-D8:1984, Safety-related instrumentation and control systems for nuclear power plants

IAEA Safety Guide 50-SG-D11:1986, General design safety principles for nuclear power plants

ISA S67.04:1994, Setpoints for nuclear safety-related instrumentation (Part I and II)

ISA S51.1:1979, Process instrumentation terminology

IEEE 338, Standard criteria for the periodic testing of nuclear power generating station class 1E power and productions systems

IEEE 603, Standard criteria for safety systems for nuclear power generating stations

УДК 621.311.3.049.75:006.354 ОКС 27.120.20

Ключевые слова: атомная станция, уставка аварийной защиты, система аварийной защиты, погрешность канала, параметры ограничивающей системы безопасности

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *М.В. Лебедевой*

Сдано в набор 19.04.2021. Подписано в печать 23.04.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2.00.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru