

Безопасность персонала и оборудования

- Европейские правила безопасности для людей и окружающей среды, стандарты МЭК для машин и оборудования
- Примеры применений, продуктов и сетей с учетом норм безопасности

7.1	Введение _____	174
7.2	Определения и области применения устройств безопасности _____	174
7.3	Несчастные случаи в промышленности _____	176
7.4	Европейское законодательство _____	178
7.5	Стандарт, применяемый к выбранному проекту управления механизмом _____	180
7.6	Стандарт EN/ISO 13849-1: Безопасность оборудования - Компоненты безопасности _____	182
7.7	Стандарт EN 62061: Безопасность оборудования - Функциональная безопасность _____	186
7.8	Сертификация и маркировка CE _____	190
7.9	Обзор опасных условий окружающей среды _____	192

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

C

7. Безопасность персонала и оборудования

- 7.1 Введение
- 7.2 Определения и области применения устройств безопасности

7.1 Введение

В настоящее время безопасность стала ключевым вопросом. Развитие общества, связанное с техническим прогрессом, имело глубокое воздействие на законодательство и на предписания, касающиеся создания и применения электрического оборудования для автоматизации.

■ Социальные аспекты

Гуманизация общества вызвала увеличение количества законодательных актов и установление более строгих правил по безопасности, в то же время высокая стоимость несчастных случаев на производстве побудила компании прилагать усилия в том же самом направлении.

■ Технологические аспекты

Повышение уровня автоматизации приводит к новым ограничениям. Фактически стало трудно и даже опасно внезапно остановить механизм, для этого необходимо выполнять безопасную последовательность действий.

Широкое распространение электроники и программного обеспечения требовало другого подхода к принятию решения; эмпирических правил больше не достаточно. Выбор основан на вычислении надежности и обеспечении предсказуемого поведения системы.

В этом контексте фаза проектирования является принципиально важной. Исследования показывают, что причина более 2/3 несчастных случаев заключается в некачественном проектировании. В связи с этим на этапе проектирования необходимо произвести оценку потенциальных рисков и выбрать наиболее подходящее решение для сокращения их последствий. Эти риски классифицированы в законодательных актах, там же определен и процесс их оценки.

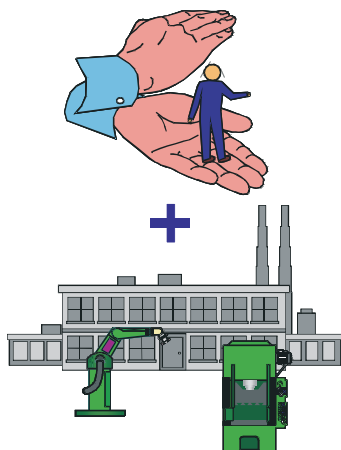
Производители компонентов и решений помогают своим клиентам, предлагая готовые к использованию модули, которые при подключении в соответствии с инструкциями удовлетворяют потребности клиента и отвечают законодательным требованиям.

В этой главе представлено описание всего процесса. Чтобы сделать выбор оборудования, необходимо обратиться к главе, посвященной функциональной безопасности, и к главе, посвященной компонентам безопасности.

7.2 Определения и области применения устройств безопасности

Законодательство требует, чтобы были предприняты профилактические меры для защиты окружающей среды и здоровья человека. Для достижения этих целей приняты европейские Директивы, которые должны соблюдать и операторы производств, и изготовители оборудования. Они также определяют ответственность за возможные несчастные случаи.

- Несмотря на некоторые ограничения функции безопасности механизмов имеют следующие положительные последствия:
 - предотвращение несчастных случаев на производстве;
 - защита персонала и окружающей среды с помощью подходящих мер безопасности, которые учитывают особенности применения механизма.
- Это позволяет сократить прямые и косвенные затраты:
 - уменьшение физического вреда;
 - уменьшение страховых взносов;
 - уменьшение потерь производства и штрафов;
 - уменьшение убытков и стоимости обслуживания.
- Безопасность работы основана на двух принципах: безопасность и надежность работы оборудования (⇒ Рис. 1)
 - Безопасность - это способность устройства поддерживать риск вреда, причиняемого людям, в приемлемых пределах.
 - Надежность работы - это способность системы или устройства сохранять и выполнять свои функции во времени в заданных условиях.

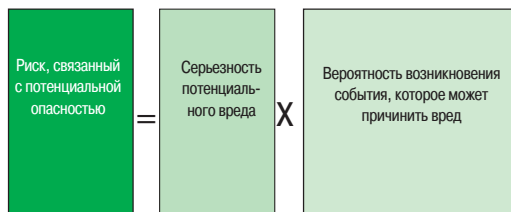


↑ Рис. 1

Безопасность и надежность

7. Безопасность персонала и оборудования

7.2 Определения и области применения устройств безопасности



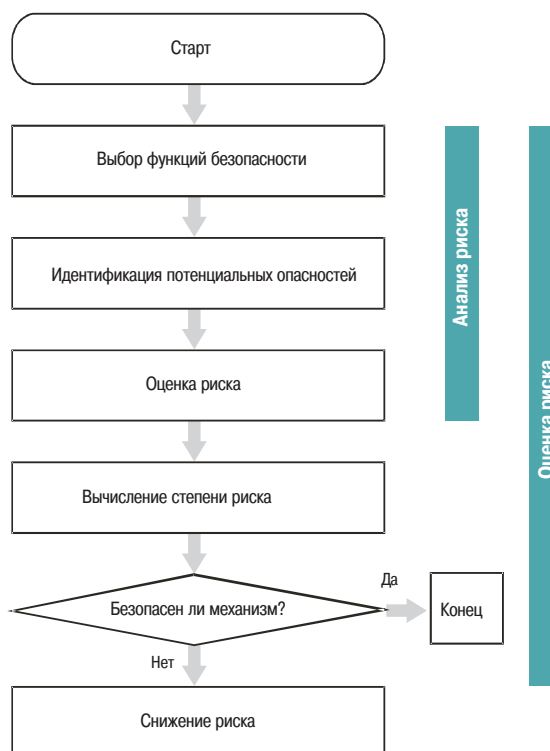
↑ Рис. 2 Определение риска

• Вопросы безопасности должны приниматься во внимание, начиная с этапа проектирования и на протяжении всех остальных этапов цикла жизни механизма: транспортировка, монтаж, настройка, обслуживание, демонтаж.

• Механизмы и производственные помещения - источники потенциального риска, и промышленные инструкции безопасности требуют, чтобы была произведена оценка риска для всего предприятия, чтобы гарантировать, что любой потенциальный риск меньше приемлемого риска.

• Стандарт EN/ISO 14121 дает следующее определение риска: риск - это серьезность, умноженная на вероятность возникновения (⇒ Рис. 2). Он описывает итеративный процесс достижения безопасности механизма, который позволяет определить риск для каждой потенциальной опасности и состоит из четырех этапов. Этот метод обеспечивает базу для необходимого сокращения риска.

• На диаграмме ниже (⇒ Рис. 3) представлен данный итеративный процесс, который далее будет описан детально.



↑ Рис. 3 Процесс уменьшения рисков для механизмов

7.3 Несчастные случаи в промышленности

Несчастный случай на производстве может произойти во время работы или на рабочем месте и может нанести как легкий, так и тяжелый вред здоровью персонала, управляющего механизмом или обслуживающего его.

■ Причины несчастных случаев на рабочем месте

- **Человеческий фактор (проектировщики, пользователи):**
 - недостаточное понимание принципов работы системы или механизма;
 - недооценка опасности, недостаточно серьезное отношение или игнорирование опасных ситуаций;
 - преуменьшение опасности заставляет людей игнорировать предохранительные устройства и приспособления;
 - недостаточное внимание к контролируемым задачам (усталость);
 - неточное выполнение всех процедур;
 - нарастающий стресс (шум, темп работы и т.д.);
 - неуверенность в последующем трудоустройстве, которая может привести к неадекватному обучению;
 - некачественное или плохое обслуживание может привести к непредвиденным опасностям.
- **Факторы, связанные с механизмами:**
 - не отвечающие требованиям предохранительные устройства;
 - сложные системы управления и визуализации;
 - неотъемлемые опасности, присущие механизмам (обратное движение механизма, внезапный старт или остановка);
 - механизмы, не подходящие для данного применения или не отвечающие требованиям окружающей среды (например, звуковые сигналы оповещения о тревоге заглушаются шумом окружающих механизмов).
- **Производственные факторы:**
 - передвижение персонала (автоматизированная поточная линия);
 - машинное оборудование от различных производителей и использование различных технологий в одном применении;
 - перемещение материалов или продукции между механизмами.

■ Последствия

- различные степени физической опасности для пользователей;
- остановка работающих механизмов;
- остановка подобных механизмов для проведения инспекции, например, органами технического надзора;
- внесение необходимых изменений или модернизация установок для обеспечения соответствия требованиям инструкций безопасности;
- смена персонала и обучение нового персонала;
- ущерб авторитету товарной марки компании.

■ Выводы

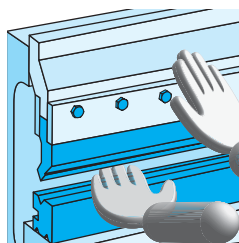
Ежегодно в Европейском союзе возмещаются убытки за физические повреждения, эквивалентные приблизительно 20 миллиардам евро.

Необходимо предпринимать решительные действия, чтобы сократить количество несчастных случаев на рабочем месте. Наиболее важны адекватная политика компании и эффективная организация. Сокращение количества несчастных случаев в промышленности и размера повреждений зависит от безопасности механизмов и оборудования.

■ Типы опасностей

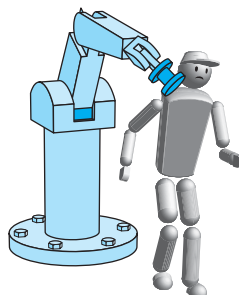
Потенциальные опасности механизмов можно разделить на три основные группы, представленные на рисунке ниже (⇒ Рис. 4).

Механические опасности

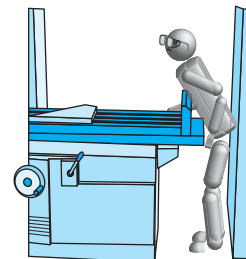


Проникающие раны, порезы, переломы, ампутация

Затягивание, зажимание, растяжение

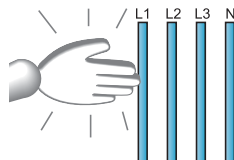


Удары



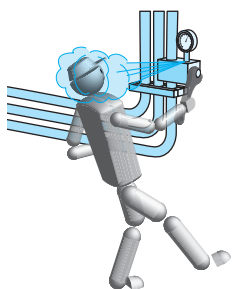
Сдавливание

Электрические опасности

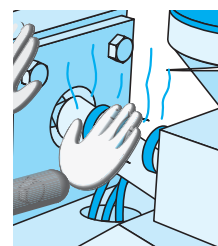


Поражение электрическим током

Физические и химические опасности



Выброс опасных веществ



Ожоги

↑ Рис. 4

Типы потенциальных опасностей

7.4 Европейское законодательство

Главная цель Европейских Директив по охране труда в машиностроении 98/37/ЕС состоит в том, чтобы заставить изготовителей гарантировать минимальный уровень безопасности для машин и оборудования, продаваемого в пределах ЕС.

Для свободной продажи машинного оборудования в пределах Европейского союза на него должна быть нанесена маркировка ЕС, а покупателю передана декларация ЕС о соответствии требованиям европейского законодательства. Эта директива вошла в силу в январе 1995 и стала обязательной для всех механизмов с января 1997.

Пользователю предоставляются гарантии согласно директивами безопасности 89/655/ЕЕС, которые основаны на всех действующих стандартах.

Этот комплекс стандартов является сложным. После краткого представления структуры системы стандартов, в данном руководстве будет представлено практическое руководство по стандартам, которые необходимо учитывать при разработке выбранного проекта системы управления.

■ Стандарты

На основании согласованных европейских требований безопасности сформированы технические спецификации, в которых отражены минимальные требования безопасности, определенные в соответствующих директивах. Соответствие всем применимым согласованным европейским стандартам гарантирует и соответствие связанной со стандартами директиве. Главная цель состоит в том, чтобы гарантировать минимальный уровень безопасности для машин и оборудования, проданного в пределах рынка ЕС и позволить свободную продажу машинного оборудования в пределах Европейского союза.

□ Европейские стандарты можно разделить на три группы:

• Стандарты типа А

Основные стандарты безопасности, которые определяют фундаментальные понятия, принципы проектирования и общие аспекты, применяемые для всех типов механизмов: EN ISO 12100.

• Стандарты типа В

Стандарты безопасности, которые определяют специфические аспекты безопасности и отдельные устройства безопасности, которые могут использоваться на разнообразном машинном оборудовании.

• Стандарты типа В1

Стандарты безопасности, которые определяют специфические аспекты безопасности электрического оборудования механизмов: EN 60204-1 (например: шум, безопасные расстояния, системы управления и т.д.).

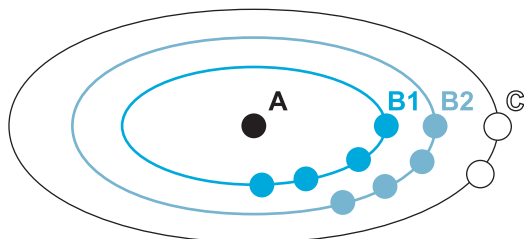
• Стандарты типа В2

Стандарты, которые применяются к отдельным устройствам безопасности, например к устройствам аварийной остановки, включая станции, управляемые двумя руками (EN 574), предохранительные устройства (EN 418) и т.д.

• Стандарты типа С

Стандарты, которые применяются к различным группам или категориям машинного оборудования (например: гидравлические прессы EN 693, роботы и т.д.) и содержат подробно описанные требования, зависящие от применения.

В таблице на *Рис. 5* приведен далеко не полный обзор стандартов.



↑ Рис. 5

Обзор стандартов

7. Безопасность персонала и оборудования

7.4 Европейское законодательство

Стандарты	Тип	Тема
EN/ISO 12100-1 EN/ISO 12100-2	A	Безопасность оборудования - Основные концепции - Часть 1: Терминология, методология - Часть 2: Технические принципы
EN 574	B	Станции, управляемые двумя руками - Принципы проектирования
EN/ISO 13850	B	Устройства аварийной остановки - Принципы проектирования
EN 954-1	B	Рекомендации по безопасности - Принципы проектирования
EN/ISO 13849-1	B	Безопасность оборудования - Компоненты безопасности систем управления - Часть 1: Основные принципы
EN 349	B	Минимальные зазоры для избегания повреждений человеческого тела
EN 294	B	Безопасные дистанции для избегания попадания верхних конечностей человека в опасные зоны
EN 811	B	Безопасные дистанции для избегания попадания нижних конечностей человека в опасные зоны
EN 1050 (EN/ISO 14121-1)	B	Безопасность оборудования - Принципы оценки рисков
EN 60204-1	B	Безопасность оборудования - Электрическое оборудование механизмов - Часть 1: Общие требования
EN 999	B	Расположение защитного оборудования в зависимости от скорости приближения частей тела человека
EN 1088	B	Блокирующие устройства, связанные с предохранительными устройствами - Принципы выбора и проектирования
EN 61496-1	B	Защитное оборудование, чувствительное к электрическому току
EN 60947-5-1	B	Электромеханические устройства цепей управления
EN 842	B	Сигналы об опасности, воспринимаемые зрительно - Общие требования, проектирование и тестирование
EN 1037	B	Предотвращение несанкционированного запуска
EN 201	C	Оборудование для производства изделий из пластика и резины - Формовочные механизмы - Требования безопасности
EN 692	C	Механические прессы - Требования безопасности
EN 693	C	Гидравлические прессы - Требования безопасности
EN 289	C	Оборудование для производства изделий из пластика и резины - Прессы - Требования безопасности
EN 422	C	Формовочные механизмы для производства полых частей - Требования по проектированию и конструированию
EN/ISO 10218-1	C	Промышленные роботы и манипуляторы - Требования безопасности
EN 415-4	C	Безопасность упаковочного оборудования - Часть 4: Упаковка на поддоны и распаковка поддонов
EN 619	C	Требования по безопасности и ЭМС для оборудования, перемещающего грузы
EN 620	C	Требования по безопасности и ЭМС для транспортеров, перемещающих сыпучие материалы
EN 746-3	C	Промышленное оборудование тепловой обработки - Часть 3: Требования безопасности при производстве и использовании атмосферных газов
EN/ISO 14432	C	Портативные дисковые режущие механизмы с двигателями - Требования безопасности

↑ Рис. 5

Обзор стандартов

7. Безопасность персонала и оборудования

7.5 Стандарт, применяемый к выбранному проекту управления механизмом

7.5 Стандарт, применяемый к выбранному проекту управления механизмом



↑ Рис. 6 Стандарты, применяемые при проектировании механизмов

Проектирование системы управления, учитывающей все требования стандартов безопасности, может оказаться довольно сложным. В данном руководстве поэтапно представлен этот процесс:

- базис и развитие стандартов;
- стандарты, применяемые в соответствии с выбранной архитектурой;
- монтаж машинного оборудования.

■ Базис и развитие стандартов

Развитие стандартов безопасности основано на двух различных подходах к защите персонала (⇒ Рис. 6).

Локальный подход: риск возникает при большинстве контактов человека с производственным оборудованием. Чаще всего отказ механизма может нанести ограниченный вред вблизи него. В зависимости от возможных рисков, чтобы достичь цели, будет достаточно применить эффективные решения по безопасности, например, применять для прессов станции, управляемые двумя руками. Согласно стандарту EN/ISO 13849-1 процесс должен быть следующим:

- анализ опасных ситуаций и оценка рисков;
- выбор мер уменьшения рисков, относящихся к цепям управления;
- определение требований к компонентам безопасности систем управления;
- проектирование компонентов безопасности систем;
- определение остаточного риска.

Глобальный подход: в сложных системах, например, на заводе переработки нефти, требований безопасности, накладываемых на отдельные компоненты, недостаточно, чтобы гарантировать защиту. Отказ какой-либо подсистемы может привести к катастрофическим последствиям, как для людей, так и для окружающей среды. Поэтому подход к безопасности должен быть глобальным.

Принимая во внимание безопасность оборудования в течение всего срока службы, стандарт EN 61508 определяет требования по безопасности систем, технические спецификации и требования по обучению персонала.

Как упоминалось ранее во введении, использование более сложных систем управления на базе электронного оборудования и программного обеспечения выявило следующие недостатки стандарта EN 954-1:

- надежность компонентов не принята во внимание;
- нет требований к программируемым устройствам;
- при объединении компонентов, наличие сертификата на отдельные компоненты достаточно, чтобы "гарантировать" требуемый уровень риска.

Полученный опыт применения систем управления позволил, в соответствии со стандартом EN 61508, развить стандарт EN 62061, включающий в себя, среди других понятий, понятие функциональной безопасности. Этот стандарт предлагает два важных преимущества:

- включены новые электронные и электронные программируемые технологии, чтобы обеспечить функции безопасности;
- совместим со стандартом на системы, поэтому все больше применяется пользователями для механизмов.

В то же время, стандарт EN/ISO 13849-1 заменяет EN 954-1, который содержит несколько улучшений и, прежде всего, совместим со стандартами безопасности вообще.

■ Применяемые стандарты в соответствии с типом архитектуры

Основываясь на общем определении риска (⇒ Рис. 2), стандарты классифицируют уровни риска, используя различные методы вычисления, которые поясняются в последующих разделах.

Существует два определения:

- стандарт EN/ISO 13849-1: PL (Уровень качества);
- стандарт EN 62061: SIL (Уровень совокупной безопасности).

В таблице приводятся приблизительные уровни эквивалентности между этими двумя определениями.

Стандарт	Определение	Уровень эквивалентности				
		a	b	c	d	e
EN/ISO 13849-1	PL					
EN 62061	SIL	x	1	1	2	3

Чтобы правильно выбрать применяемый стандарт, можно использовать следующую таблицу, содержащую характеристики системы согласно стандарту EN/ISO 13849-1:

Используемая технология (1)	EN/ISO 13849-1	EN 62061
	Макс. PL	Макс. SIL
В состав системы не входит электрика и гидравлика	e	Не подходит
Система имеет электромеханические части, например, реле и/или несложную электронику	e	3
В состав системы входит сложная электроника, например, программируемые устройства	e	3

(1) Эта упрощенная таблица предполагает использование устройств безопасности или функций безопасности, доступных на рынке и сертифицированных изготовителями, как удовлетворяющих стандартам безопасности.

Для построения сложных специфических подсистем или при более высоком уровне требований необходимо пользоваться стандартом EN 61508.

■ Машинное оборудование и монтаж

Стандарт EN 60204-1 дополняет стандарты безопасности, устанавливая правила монтажа для каждой функции электрического механизма.

Данный стандарт определяет:

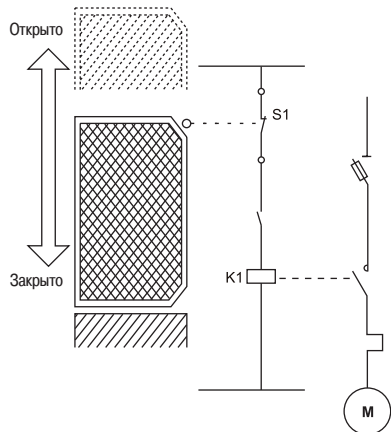
- тип соединительных клеммников, отключающие и размыкающие устройства;
- тип защиты от поражения электрическим током;
- тип цепей управления;
- тип проводников и правила прокладки электрических проводов;
- тип защиты двигателя.

7. Безопасность персонала и оборудования

7.6 Стандарт EN/ISO 13849-1: Безопасность оборудования - Компоненты безопасности

7.6 Стандарт EN/ISO 13849-1: Безопасность оборудования - Компоненты безопасности

Стандарт EN/ISO 13849-1 - это развитие стандарта EN 954-1. Он соответствует всем стандартам безопасности, перечисленным в стандарте 38816-EN_Ver2.0/6. В данном разделе приводится его упрощенный анализ.



↑ Рис. 7 Пример выбранного приложения

■ Область применения стандарта

Этот стандарт содержит требования безопасности и рекомендации по принципам проектирования и интеграции, связанным с безопасностью компонентов в системах управления (SRP/CS), включая программное обеспечение. Он определяет характеристики, включая уровень качества, необходимый для обеспечения выполнения функций безопасности. Он применяется ко всем компонентам SRP/CS для всех типов механизмов, независимо от технологии и типа используемой энергии (электрические, гидравлические, пневматические, механические и т.д.).

■ Процесс

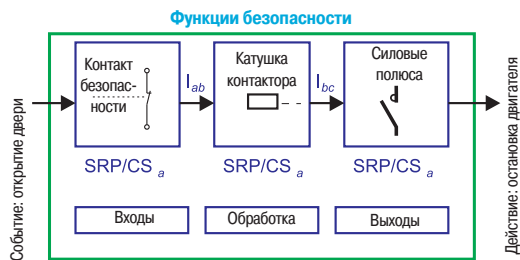
На основании анализа рисков, описанного в стандарте EN/ISO 14121 (⇒ Рис. 3), принимаются решения относительно мер по предотвращению рисков. Если эти меры зависят от системы управления, то применяется данный стандарт. Он определяет 6 этапов процесса проектирования.

- 1 - Выбор функций безопасности, которые должны выполнять компоненты SRP/CS. Для каждой функции безопасности необходимо определить характеристики.
- 2 - Определение требуемого уровня качества (PLr).
- 3 - Проектирование и техническая реализация функций безопасности: выбор компонентов, которые будут выполнять функции безопасности.

Определение уровня качества (PL) всех компонентов безопасности должно производиться с учетом и других критериев.

- 4 - Вычисление уровня качества PL каждого компонента.
- 5 - Проверка того, что достигнутый уровень качества PL больше или равен требуемому уровню (PLr).
- 6 - Подтверждение выполнения всех требований.

Далее на примере функции безопасности, которая останавливает двигатель механизма, когда контакт безопасности открыт (⇒ Рис. 7), приведено пояснение изложенных выше этапов. Механизм потенциально опасен, есть риск травмы или потери руки оператора, если нет никакой защиты.



↑ Рис. 8 Представление функции безопасности

□ Этап 1 - Выбор функций безопасности

- На схеме (⇒ Рис. 8) представлена функция безопасности, состоящая из:
- входного нормально закрытого контакта, системы охраны с защитой (SRP/CSa);
 - логики управления, в данном примере ограниченной замыканием или размыканием катушки контактора (SRP/CSb);
 - силовых цепей управления двигателем (SRP/CSc);
 - связей (I_{ab}, I_{bc}).

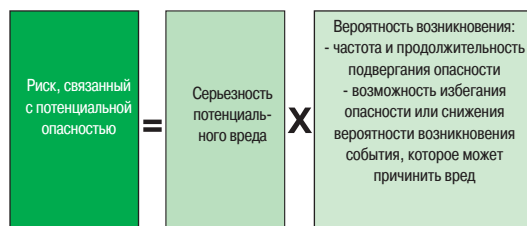
□ Этап 2 - Определение требуемого уровня качества (PLr)

Для выбранной в качестве примера функции безопасности, эта оценка выполнена с помощью диаграммы рисков (⇒ Рис. 9).

Необходимо учитывать следующие параметры:

- S** - серьезность травмы
 - S1** - легкая травма, после которой здоровье полностью восстанавливается,
 - S2** - тяжелая травма, наносящая увечья, или смерть.
- F** частота и/или продолжительность подвергания опасности.
 - F1** - от редкого до довольно частого и/или короткой продолжительности,
 - F2** - от частого до постоянного и/или большой продолжительности.
- P** возможность избегания опасности или ограничения вреда.
- P1** возможно при определенных обстоятельствах,
- P2** практически невозможно.

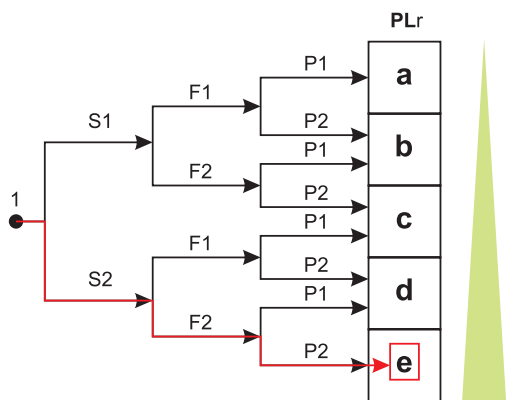
Поскольку в рассматриваемом примере механизм является потенциально опасным, то оценка (выделено красным цветом на Рис. 10) дает уровень эксплуатационных параметров PLr = e.



↑ Рис. 9 Анализ риска

7. Безопасность персонала и оборудования

7.6 Стандарт EN/ISO 13849-1: Безопасность оборудования - Компоненты безопасности



↑ Рис. 10 Оценка требуемого уровня качества
1: Начальная точка оценки
L: Малый вклад в уменьшение риска
PLr: Требуемый уровень качества
H: Большой вклад в уменьшение риска
→: Оценка

□ Этап 3 - Проектирование и реализация функций безопасности.

На данном этапе необходимо описать метод вычисления PL.

Уровень качества PL зависит от вероятности опасного отказа в час:

PL	Вероятность опасного отказа в час
a	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6} \dots < 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6} \dots < 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$

Он объединяет следующие основные элементы:

- категория используемых компонентов;
- надежность компонентов (MTTFd: средняя наработка до опасного отказа);
- диагностические возможности DC.

□ Категория используемых компонентов

В таблице (⇒ Рис. 11) приведено описание поведения системы в случае возникновения неисправности; выделяют 5 категорий:

Поведение системы	Принципы достижения безопасности
B Неисправность может привести к отказу функций безопасности	Выбор соответствующих компонентов
1 Аналогично категории B, но требуется более высокая надежность функций безопасности	Выбор соответствующих компонентов
2 Неисправность может привести к отказу функций безопасности между двумя периодическими проверками, и данный отказ обнаруживается при очередной проверке	Самодиагностика
3 Для единичной неисправности функция безопасности гарантированно выполняется. Появление нескольких необнаруженных неисправностей может привести к отказу функций безопасности	Резервирование
4 При возникновении неисправностей функция безопасности гарантированно выполняется. Неисправности обнаруживаются вовремя, что предупреждает отказ функций безопасности	Резервирование + самодиагностика

↑ Рис. 11 Пять категорий неисправностей

□ Надежность компонентов

Параметр MTTFd - средняя наработка компонента до опасного отказа.

Если не использовать предлагаемые методы вычисления, можно применять диапазоны, указанные в таблице ниже:

Уровень надежности компонентов	
Индекс	Диапазон
Низкий	3 года < MTTFd < 10 лет
Средний	10 лет < MTTFd < 30 лет
Высокий	30 лет < MTTFd < 100 лет

Значение MTTFd меньше, чем 3 года неприемлемо, потому что это означает, что после одного года работы 30% компонентов системы нуждаются в замене. Максимальное значение ограничено периодом в 100 лет, потому что надежность потенциально опасных устройств не должна зависеть от надежности отдельных компонентов. Требуется дополнительные меры, такие как резервирование и самодиагностика.

7. Безопасность персонала и оборудования

7.6 Стандарт EN/ISO 13849-1: Безопасность оборудования - Компоненты безопасности

□ Диагностические возможности

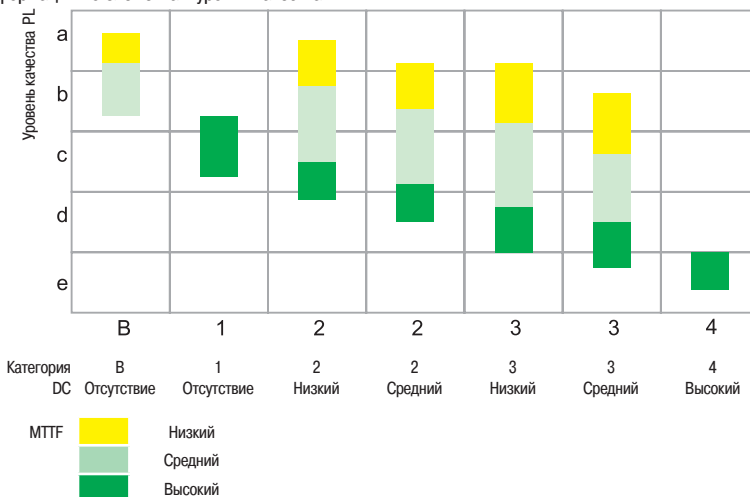
Данный параметр выражается в процентах и описывает способность диагностировать опасную неисправность. Например, в случае сваривания контакта НЗ в реле, при оценке состояния реле по НЗ контакту даст неправильную информацию об открытии цепи. Если устройство анализирует состояние контактов НО и НЗ, ошибка будет обнаружена.

Оценка выполнена с помощью анализа аварийных режимов и последствий. Стандарт описывает четыре диапазона:

Категории диагностических возможностей	
Индекс	Диапазон
Отсутствие	DC < 60%
Низкий	60% < DC < 90%
Средний	90% < DC < 99%
Высокий	99% < DC

□ Сводная таблица для разработчиков

Чтобы помочь разработчикам сделать выбор, в таблице ниже (⇒ Рис. 12) приведена обобщенная информация по элементам уровня качества PL.

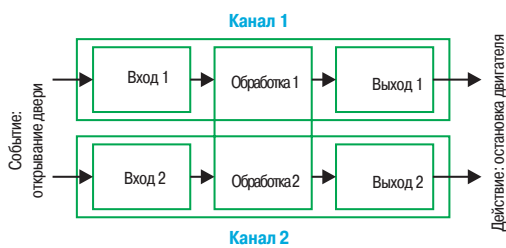


↑ Рис. 12 Уровни качества PL

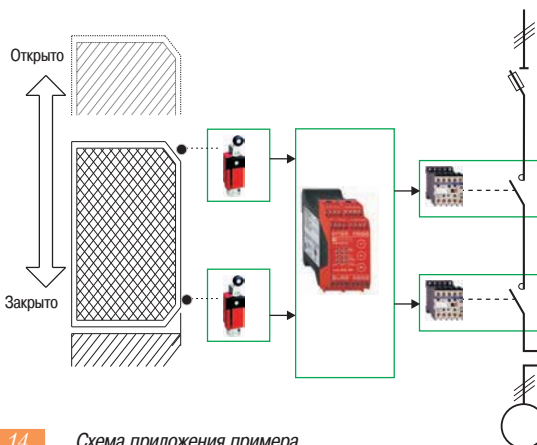
Решение, применимое для реализации примера приложения, будет соответствовать категории 4 при использовании резервированной цепи; его функциональная схема представлена слева (⇒ Рис. 13). Она состоит из двух параллельных каналов и имеет высокую диагностическую способность и большое значение MTTFd.

В примере предлагается использовать резервируемую релейную схему, однако в настоящее время проще использовать функциональные блоки безопасности.

Решение представлено ниже (⇒ Рис. 14).



↑ Рис. 13 Функциональная диаграмма примера



↑ Рис. 14 Схема приложения примера

Процесс, предлагаемый стандартом, является итеративным. Чтобы получить требуемый уровень качества в данном примере рекомендуется использовать решение с резервируемой цепью.

7. Безопасность персонала и оборудования

7.6 Стандарт EN/ISO 13849-1: Безопасность оборудования - Компоненты безопасности

□ Этап 4 - Вычисление уровня качества PL каждого компонента

Используя информацию из каталога производителя, находим следующие значения:

Пример	B, количество срабатываний	MTTFd	DC
SRP/CSa: контакт безопасности	10 000 000	2840	99%
SRP/CSb: модуль безопасности XPS	-	191,5	99%
SRP/CSc: контактор LCK	1 000 000	284	99%

Для электромеханических устройств, значение MTTFd вычисляется из общего количества работы, которое устройство может выполнить:

В рассматриваемом примере, механизм работает 220 дней в году, 8 часов в день с циклом по 90 секунд.

$$N = 220 \times 8 \times (3600 / 90) = 70\,400 \text{ операций/год}$$

$$MTTFd = (2 \times B) / (0,1 \times N)$$

$$\text{Для контактора: } MTTFd = (2 \times 1\,000\,000) / (0,1) \times 70\,400 = 284 \text{ года.}$$

Для каждого канала MTTFd вычисляется по формуле:

$$\frac{1}{MTTF_{\text{канал}}} = \sum \frac{1}{MTTF_{a\dots n}}$$

Получаем 109,9 лет для каждого канала.

Диагностическая способность вычисляется по простой формуле:

$$DC_{\text{канал}} = \frac{\frac{DCa}{MTTFa} + \frac{DCb}{MTTFb} + \frac{DCc}{MTTFc}}{\frac{1}{MTTF_{\text{канал}}}}$$

В результате вычислений получаем значение 99%.

□ Этап 5 - Проверка того, что достигнутый уровень качества PL больше или равен требуемому уровню (PLr)

Результаты вышеизложенных вычислений обобщены ниже:

- резервируемая архитектура: категория 4 (⇒ Рис. 11);
- средняя наработка на отказ >100 лет: высокий MTTFd;
- диагностическая способность 99%: высокий DC.

Согласно таблице (⇒ Рис. 15) можно сделать вывод, что требуемый уровень качества PL достигнут:



↑ Рис. 15

Проверка требуемого уровня качества PL

□ Этап 6 - Подтверждение выполнения всех требований

Решение SRP/CS должно быть протестировано, чтобы подтвердить, что комбинация SRP/CS выполняет каждую функцию безопасности и удовлетворяет всем применимым требованиям стандарта EN/ISO 13849.

7. Безопасность персонала и оборудования

7.7 Стандарт EN62061: Безопасность оборудования - Функциональная безопасность

7.7 Стандарт EN 62061: Безопасность оборудования - Функциональная безопасность

Функциональная безопасность электрических, электронных и электронных программируемых систем управления, обеспечивающих безопасность.

■ Область применения стандарта

Электрические системы управления, обеспечивающие безопасность и входящие в состав механизмов (SRECS), играют все возрастающую роль в обеспечении полной безопасности механизмов и все чаще и чаще используются в сложных электронных технологиях.

Стандарт применяется для механизмов в составе сложных структур, согласно стандарту EN 61508. В нем сформулированы правила интеграции подсистем, разработанных по стандарту EN/ISO 13849. Он не определяет требования к неэлектрическим компонентам систем управления в механизмах, например гидравлическим, пневматическим. Он не охватывает опасные электрические явления, причиной которых может быть электрическое оборудование управления; они описаны стандартом EN 60204-1.

■ Функциональный подход к безопасности

Согласно стандарту EN/ISO 13849-1, необходимо производить анализ рисков (EN/ISO 14121), в процессе которого формулируются требования по безопасности. Особенность данного стандарта заключается в том, что пользователь должен сделать функциональный анализ архитектуры, затем разложить ее на подфункции и проанализировать их взаимодействие перед выбором аппаратных средств для их реализации (SRECS).

□ В комплект проектной документации должна быть включена схема функциональной безопасности. В ее состав также должны входить:

- спецификация требований безопасности для функций безопасности (SRCF), состоящая из двух частей:

- описание функций, интерфейсов, режимов работы, приоритетов функций, частоты пусков и т.д.;
- спецификация комплексных требований безопасности для каждой функции, выраженных в терминах SIL (уровень совокупной безопасности).

В таблице ниже приведены значения для каждого уровня SIL:

SIL	Вероятность опасного отказа в час (PFHd)
3	$10^{-8} \dots < 10^{-7}$
2	$10^{-7} \dots < 10^{-6}$
1	$10^{-6} \dots < 10^{-5}$

- структурированный и документированный процесс разработки для электрических систем управления (SRECS);
- процедуры и ресурсы для записи и защиты нужной информации;
- процесс управления и модификации конфигурации с учетом организации работ и действий уполномоченного персонала;
- план тестирований и аттестаций.

□ Функциональная безопасность

Решающим преимуществом этого подхода является возможность предложить метод вычисления вероятности отказа, включающего все параметры, влияющие на надежность электрических систем, независимо от технологии.

Метод состоит в назначении уровня SIL каждой функции с учетом следующих параметров:

- вероятность опасного отказа компонентов (PFHd),
- тип архитектуры (см. страницу классификации 38816-EN_Ver2.0/11): с резервированием или без него; с диагностическим устройством, позволяющим избежать некоторых опасных отказов, или без него;
- обычные причины отказов (прекращения подачи электроэнергии, перенапряжение, потеря связи по коммуникационной сети и т.д.) (CCF).

7. Безопасность персонала и оборудования

7.7 Стандарт EN62061: Безопасность оборудования - Функциональная безопасность

■ Процесс

Процесс разработки системы можно разделить на 5 этапов:

- 1 - на основе спецификации требований безопасности (**SRS**), назначается уровень совокупной безопасности (**SIL**), определяется базовая структура системы управления (**SRECS**) и описание каждой функции (**SRCF**);
- 2 - каждая функция представляется в виде структуры функциональных блоков (**FB**);
- 3 - составляется список требований безопасности для каждого функционального блока и назначаются функциональные блоки для подсистем в составе архитектуры;
- 4 - выбор компонентов для каждой подсистемы;
- 5 - разработка диагностических функций и проверка того, что описанный уровень совокупной безопасности (**SIL**) достигнут.

Вернемся к предыдущему примеру, в котором необходимо остановить работу двигателя, если контакт безопасности открыт (⇒ *Рис. 13*). При возникновении опасного события существует риск раздробления конечности или потери пальцев.

□ Этап 1 - Назначение уровня совокупной безопасности SIL базовой структуры системы управления SRECS

На основании анализа риска по стандарту EN/ISO 14121, выполняется оценка каждого опасного события и определяются параметры (⇒ *Рис. 16*), указанные ниже.

- Серьёзность возможного вреда Se

Серьёзность травмы или вреда здоровью можно оценить, принимая во внимание последствия: полное восстановление здоровья, необратимость травмы или смертельный исход. Классификация представлена в таблице ниже:

Возможные последствия	Серьёзность вреда (Se)
Необратимые: смерть, потеря глаза или руки	4
Необратимые: раздробление конечности, потеря пальцев	3
Обратимые: требуется оказание помощи врачом	2
Обратимые: требуется оказание первой помощи	1

- Вероятность нанесения вреда

Каждый из трех параметров **Fr**, **Pr**, **Av** оценивается отдельно по неблагоприятным факторам. Крайне рекомендуется использовать моделирование анализа задачи, чтобы гарантировать корректность оценки вероятности нанесения вреда.

- Частота и продолжительность подвергания опасности Fr

Уровень подверженности воздействию связан с потребностью получить доступ к опасной зоне (нормальная работа, обслуживание) и типом доступа (ручная подача, регулировка). Нужно оценить среднюю частоту и продолжительность подвергания опасности.

Классификация представлена в таблице ниже:

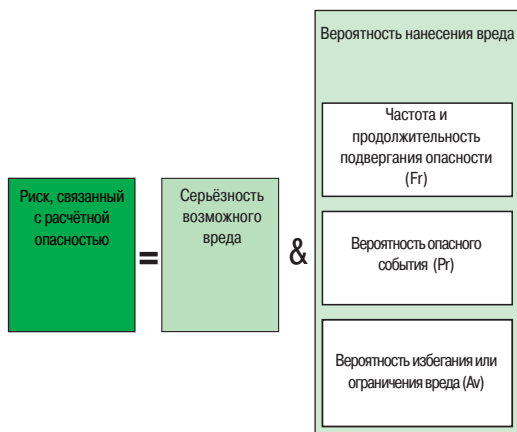
Частота и продолжительность подвергания опасности	Fr
≤ 1 час	5
> 1 час... ≤ 1 день	5
> 1 день... ≤ 2 недели	4
2 недели... ≤ 1 год	3
> 1 год	2

- Вероятность опасного события Pr

Учитываются два основных понятия:

- предсказуемость опасных компонентов различных частей механизма во всех режимах функционирования (нормальный, техническое обслуживание, поиск и устранение неисправностей), особое внимание уделяется возможности неожиданного запуска;
- состояние человека, взаимодействующего с механизмом: стресс, усталость, неопытность и т.д.

Вероятность опасного события	Pr
Очень высокая	5
Высокая	4
Средняя	3
Низкая	2
Очень низкая	1



↑ Рис. 16 Параметры анализа рисков

7. Безопасность персонала и оборудования

7.7 Стандарт EN62061: Безопасность оборудования - Функциональная безопасность

- Вероятность избегания или ограничения вреда **Av**

Этот параметр связан с этапом проектирования механизма. Принимается во внимание внезапность возникновения опасного события, характер опасности (механическая, температурная, электрическая) и возможность идентификации опасности.

Вероятность избегания или ограничения вреда	Av
Отсутствует	5
Средняя	3
Высокая	1

- Назначение уровня совокупной безопасности **SIL**

Оценка производится с помощью таблицы, представленной ниже.

В рассматриваемом примере степень серьезности равна 3, поскольку существует риск потери пальцев. Данное значение указано в первой графе таблицы.

Все остальные параметры необходимо сложить, чтобы определить класс (вертикальная графа в таблице), получаются следующие значения:

Ft = 5 - доступ несколько раз в день;

Pt = 4 - опасные события возможны;

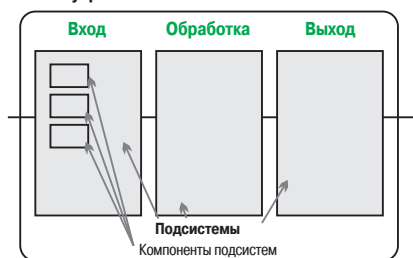
Av = 3 - средняя вероятность избегания.

В результате получается класс CI = 5 + 4 + 3 = 12

Уровень совокупной безопасности SIL, равный 3, должен быть достигнут с помощью системы (систем) управления безопасностью (**SRECS**) в составе механизма.

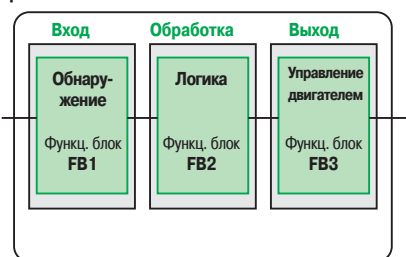
Оценка уровня SIL					
Se	Класс CI				
	3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3	-	-	SIL 1	SIL 2	SIL 3
2	-	-	-	SIL 1	SIL 2
1	-	-	-	-	SIL 1

SRECS Система управления безопасностью



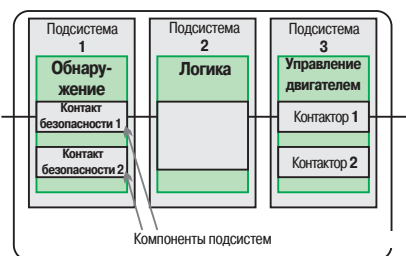
↑ Рис. 17 Этап 1: Базовая структура электрической системы управления

SRECS Уровень SIL 2



↑ Рис. 18 Этап 2: Разделение на блоки

SRECS



↑ Рис. 19 Этап 3: Назначение функциональных блоков

- Базовая структура **SRECS**

Независимо от используемых аппаратных компонентов, система разбивается на подсистемы. В рассматриваемом примере (⇒ Рис. 17) выделяется 3 подсистемы, которые будут выполнять следующие функции: вход, обработка и выход. На рисунке представлен данный этап с использованием терминологии стандарта.

□ Этап 2 - Представление каждой функции в виде структуры, состоящей из функциональных блоков (FB)

Функциональный блок (FB) является результатом детального разделения функции безопасности, при котором сбой любого из функциональных блоков вызовет отказ функции безопасности.

Структура из функциональных блоков дает начальное представление об архитектуре SRECS (⇒ Рис. 18). Требования безопасности к каждому блоку определяются из спецификации требований безопасности к функциям системы.

Элементы, выполняющие каждую функцию, должны достигать по крайней мере того же уровня SIL, что и назначен для системы.

□ Этап 3 - Список требований безопасности для каждого функционального блока и назначение функциональных блоков подсистемам в составе архитектуры

Каждый функциональный блок должен входить в состав какой-либо подсистемы в архитектуре SRECS (⇒ Рис. 19). В состав подсистемы могут входить элементы и, если необходимо, диагностические функции для того, чтобы обнаружить отклонения от нормы и принять соответствующие меры.

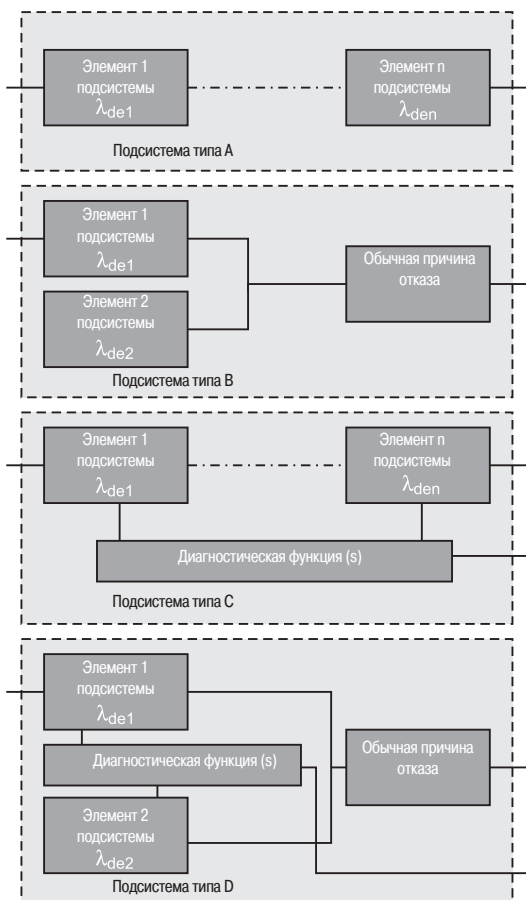
Данные диагностические функции (D) рассматриваются как отдельные функции. Они могут выполняться в составе подсистемы, другой внутренней или внешней подсистемой.

7. Безопасность персонала и оборудования

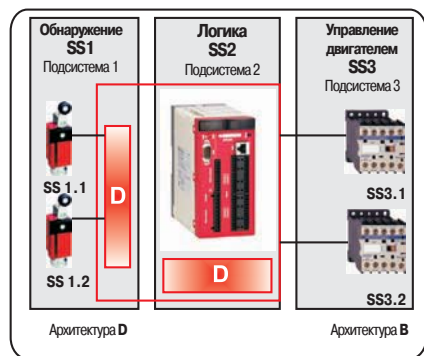
7.7 Стандарт EN62061: Безопасность оборудования - Функциональная безопасность



↑ Рис. 20 Этап 4: Выбор компонентов



↑ Рис. 21 Типы архитектур подсистем



↑ Рис. 22 Этап 5: Разработка диагностических функций

□ Этап 4 - Выбор компонентов для каждой подсистемы

Для приложения, рассматриваемого в примере, выбраны продукты, представленные на рисунке (⇒ Рис. 20). Если выбраны датчики и контакторы, такие же как и в предыдущем примере, то лучше выбрать контроллер, конфигурируемый с помощью ПО XPSMF. Поскольку назначенный уровень SIL равен 3, то каждый компонент должен соответствовать данному уровню.

В каталоге производителя приведены следующие значения:

- Выключатели безопасности 1 и 2: $B10 = 10\,000\,000$ срабатываний; соотношение опасных отказов 20%.
- Контроллер безопасности: $PFH_d = 1.25 \cdot 10^{-8}$
- Контакторы 1 и 2: $B10 = 1\,000\,000$ срабатываний; соотношение опасных отказов = 75%.

□ Этап 5 - Разработка диагностической функции

Уровень SIL подсистемы зависит не только от выбранных компонентов, но и от выбранной архитектуры. Стандарт определяет 4 типа архитектур (⇒ Рис. 21). Для рассматриваемого примера, выбираем архитектуры В и D.

В архитектуре D контроллер выполняет диагностику не только своего состояния, но и состояния выключателей безопасности (⇒ Рис. 22).

Необходимо определить уровни безопасности для трех подсистем:

- SS1: два резервируемых концевых выключателя безопасности в соответствии с архитектурой типа D;
- SS2: контроллер безопасности с уровнем SIL 3 (значение получено на основе параметра PFH, указанного производителем);
- SS3: два резервируемых контактора в соответствии с архитектурой типа В.

Метод вычисления достаточно сложен, поэтому здесь приводится только результат. Этот метод объясняется подробно в каталоге функций безопасности Schneider Electric. Учитываются следующие параметры:

- **B10**: количество срабатываний при соотношении отказов 10%;
- **C**: % соотношение опасных отказов в общем количестве отказов;
- λ_D : интенсивность опасных отказов ($\lambda_D = \lambda \times C$);
- β : коэффициент отказов по обычным причинам;
- **T1**: периодичность контрольных испытаний компонентов, поставляемых производителем;
- **T2**: периодичность диагностических испытаний;
- **DC**: уровень диагностирования = λ_{Dd}/λ_D , соотношение между интенсивностью обнаруженных отказов и интенсивностью опасных отказов.

Получаем:

- для SS1 $PFH_d = 8 \cdot E^{-9}$
- для SS3 $PFH_d = 4.82 \cdot E^{-9}$

Вероятность опасных отказов в час для системы составляет:

- $PFH_{DSRECS} = PFH_d SS1 + PFH_d SS2 + PFH_d SS3$
- $PFH_{DSRECS} = 8 \cdot E^{-9} + 1.25 \cdot 10^{-8} + 4.82 \cdot E^{-9} = 5.02 \cdot E^{-7}$

Полученный результат соответствует ожидаемому (см. таблицу ниже) уровню SIL = 2.

Комментарий: Уровень SIL 3 может быть достигнут при использовании дополнительных контактов для создания обратной связи на контакторах.

Проверка соответствия требуемому уровню SIL	
SIL	Вероятность опасных отказов в час (PFHd)
3	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6} \dots < 10^{-5}$

7.8 Сертификация и маркировка СЕ

Процесс сертификации и присвоения маркировки СЕ механизмам состоит из 6 этапов:

- 1 - применение всех относящихся к этому вопросу директив и стандартов;
- 2 - соответствие важным требованиям по безопасности и охране здоровья;
- 3 - составление технической документации;
- 4 - продолжение экспертизы соответствия;
- 5 - составление декларации соответствия;
- 6- прикрепление маркировки СЕ.

■ Европейские директивы по охране труда в машиностроении

Европейские директивы по охране труда в машиностроении являются первым в истории примером нового подхода к согласованию продуктов и терминологии технических спецификаций и стандартов. Данный подход основывается на:

- существенных требованиях по безопасности и охране здоровья, которые должны быть выполнены до выпуска механизма в продажу;
- добровольном процессе согласования соответствия стандартам, предпринятым Европейским Комитетом Стандартов (CEN) и Европейским Комитетом по электротехнической стандартизации (CENELEC);
- согласованности процедур оценки в соответствии с типами механизмов и связанными с ними типами рисков;
- нанесении производителем маркировки СЕ, которая показывает, что механизм соответствует всем применимым к нему директивам; механизмы с такой маркировкой могут свободно применяться в Европейском Союзе.

Директивы значительно упростили действующие национальные законодательства, и поэтому ликвидировали множество барьеров, затрудняющих торговлю в Европейском Союзе. Они также позволили сократить социальные затраты на несчастные случаи. Директивы "Нового Подхода" применимы для продуктов, впервые выпускаемых на рынок. Список соответствующих механизмов приведен в приложении 4 директив.

■ Существенные требования

В приложении I Европейских директив по охране труда в машиностроении сгруппированы существенные требования по безопасности и охране здоровья, которым должны удовлетворять механизмы и компоненты безопасности, чтобы получить разрешение на обращение в Европе.

Из этого следует, что:

- если требования директив выполнены, то никакое государство - член Европейского Союза не может выступить против обращения продукта на рынке;
- если требования директив не выполнены, то обращение продукта на рынке может быть запрещено или можно потребовать изъятия продукта с рынка.

В Европейском Союзе это относится не только к изготовителям и их дистрибьюторам, но также и к импортерам, торговым посредникам, которые импортируют эти механизмы или вводят их в эксплуатацию.

■ Согласование соответствия стандартам

Самый простой способ демонстрации соответствия директивам состоит в том, чтобы соответствовать Европейским Согласованным Стандартам. Когда для продукта, внесенного в список приложения 4 директив, нет никакого согласованного стандарта, или существующие стандарты не описывают существенные требования безопасности и охраны здоровья, или, если производитель полагает, что эти стандарты не применимы к его продукту, он может запросить одобрение внешнего зарегистрированного бюро сертификации.

Такие организации должны иметь одобрение всех членов Союза на проведение достоверной экспертизы (TÜV, BGIA, INRS, HSE и т.д.).

Хотя бюро сертификации несет некоторую ответственность согласно директивам, но основную ответственность за соответствие продукта стандартам несет производитель или его представитель.

■ Декларирование соответствия

В соответствии со статьей 1 директив по охране труда в машиностроении, производитель или его официальный представитель в Европейском Союзе должны составить Европейскую Декларацию Соответствия для каждого механизма (или компонент безопасности), для того чтобы подтвердить, что механизм или компонент безопасности соответствует директивам.

Перед выпуском продукта на рынок, производитель или его официальный представитель должны подготовить технический паспорт и представить его в бюро сертификации.

■ Маркировка СЕ

Маркировка СЕ

В результате маркировка СЕ должна быть нанесена на механизм производителем или его официальным представителем в Европейском Союзе. Данная маркировка является обязательной с 1 января 1995 и может быть нанесена, только если механизм соответствует всем применимым стандартам, таким как:

- директива по охране труда в машиностроении 98/37/ЕС;
- директива по электромагнитной совместимости (ЭМС) 2004/108/ЕС;
- директива для оборудования низкого напряжению 2006/95/ЕС.

Применяются и другие директивы, например, о защите персонала для подъемно-лифтового оборудования, для медицинского оборудования и т.д.

Маркировка СЕ является паспортом механизма в Европейском Союзе, она разрешает свободный оборот данного продукта на рынке Союза независимо от законодательства отдельных стран Союза.

■ Процедура получения маркировки СЕ (⇒ Рис. 23)



↑ Рис. 23 Процедура получения маркировки СЕ

7.9 Обзор опасных условий окружающей среды

Горно-добывающая промышленность		Промышленное оборудование с разными рисками (газ и пыль)		
Категория		Категория		
1	2	1	2	3
Очень высокий уровень защиты	Высокий уровень защиты	Очень высокий уровень защиты	Высокий уровень защиты	Нормальный уровень защиты
Безопасность при двух ошибках	Безопасность при одной ошибке	Безопасность при двух ошибках	Безопасность при одной ошибке	Безопасность при нормальной работе

↑ Рис. 24 Категории промышленных предприятий с опасными условиями окружающей среды

Оборудование систем автоматизации может быть установлено в опасных условиях окружающей среды, где есть угроза взрыва. Опасность возникает, когда в воздухе присутствует определенная концентрация газов, частиц или горючей пыли. Для избегания этой опасности, необходимо использовать определенные типы оборудования, а также производить действия по техническому обслуживанию соответствующим образом. В Европейском законодательстве выпущены особые директивы:

Директивы пользователей 99/92, определяющие требования со стороны операторов в терминологии безопасности персонала и защиты окружающей среды.

Директивы производителей 94/9, определяющие требования к производителям оборудования.

Более подробная информация приведена на сайте:

<http://ec.europa.eu/enterprise/atex/indexinfor.htm>

■ Опасные промышленные секторы

Далее приводится далеко не полный список производств, где может присутствовать опасность взрыва:

- шлифование металла и, в особенности, алюминия;
- очистка углеводородов;
- газопроводы и газораспределительные станции;
- типографии, бумажные и текстильные производства;
- обслуживание самолетов и ангаров;
- химическое производство;
- обработка зерна и силосные бункеры;
- обработка поверхностей;
- очистка сточных вод;
- шахты;
- деревообрабатывающие производства;
- сахарные очистительные заводы;
- флот;
- электростанции.

■ Условия, которые могут привести к взрыву

Опасная ситуация может быть вызвана несколькими факторами.

Первый фактор - наличие частиц топлива, газа или пыли в пропорции, способной привести к взрыву.

Если пропорция ниже определенного процента, известного как нижний предел взрываемости (НПВ), то смесь слишком бедна, чтобы взорваться.

Если пропорция выше определенного процента, известного как верхний предел взрываемости (ВПВ), то смесь слишком богата.

Например, для бугана, пропорция составляет 1,4% и 9,3% соответственно.

Второй фактор - присутствие элемента, который может вызвать воспламенение смеси, например, горячей поверхности, пламени или горячего газа, искр (могут быть вызваны трением поверхностей, электрическим устройством или статическим электричеством), электромагнитного излучения, удара молнии, концентрации солнечных лучей, ультразвуков, химической реакции, адиабатического сжатия или ударной волны, тепловой или химической реакции и т.д.

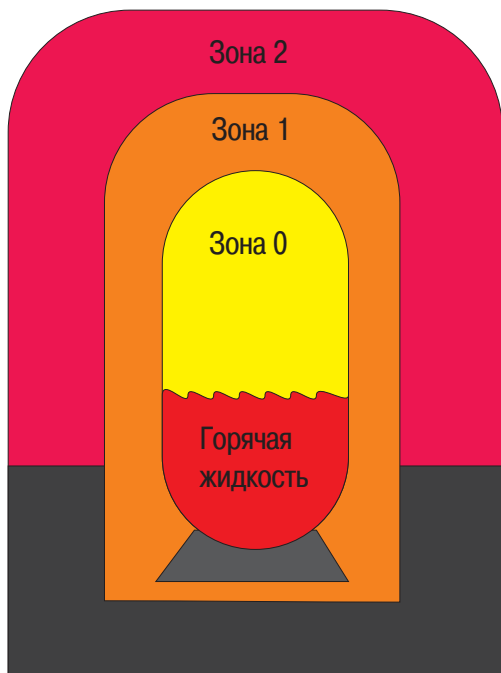
■ Классификация опасных производств

Европейские директивы описывают классификационные критерии:

- категории промышленных предприятий (⇒ Рис. 24);
- типы опасных условий окружающей среды (наличие газа или пыли);
- классификация уровня риска в опасных зонах.

Опасные зоны классифицируются в соответствии с потенциальным риском (⇒ Рис. 25).

Взрывоопасная смесь характеризуется соотношением ее компонентов (газы, пыль и т.д.), температурой и энергией, которые требуются для взрыва.



↑ Рис. 25 Классификация опасных зон

Зона 0: наличие взрывоопасных условий практически постоянно или в течение длительного времени;

Зона 1: взрывоопасные условия иногда могут возникать в ходе нормальной работы;

Зона 2: взрывоопасные условия не могут возникнуть в ходе нормальной работы или могут возникнуть только на очень короткое время.

7. Безопасность персонала и оборудования

7.9 Обзор опасных условий окружающей среды

Категория	Тип условий окружающей среды		Зона	Маркировка (см. пример ниже)
	Газ	Пыль		
1	Газ	G	0	0
	Пыль	D		20
2	Газ	G	1	1
	Пыль	D		21
3	Газ	G	2	2
	Пыль	D		22

↑ Рис. 26 Классификация опасных зон

Стандарты описывают следующие классы по температурам (от T1 (450°C) до T6 (86°C)) и газам в соответствии с энергией, которая требуется для воспламенения смеси (от A (<20* Дж) до C (>180* Дж)).

В таблице приведена трехуровневая классификация (⇒ Рис. 26).

■ Применяемые решения

Учитывая изложенную выше информацию, промышленным предприятиям предлагаются соответствующие решения, позволяющие устранять потенциальную опасность. Такие решения должны соответствовать стандартам и иметь специальную маркировку.

□ Взрывобезопасный корпус (МЭК/EN 60079-1/ EN 50018)

В такой корпус помещается устройство, которое может вызвать взрыв смеси. Корпус разработан таким образом, чтобы гарантировать, что внутренний взрыв не может распространиться за его пределы. Устройство отмечено маркировкой Ex d.

□ Усиленная безопасность (МЭК/EN 60079-7/ EN 50019)

Невозможность вызвать взрыв смеси гарантируется встроенными функциями безопасности. Устройство отмечено маркировкой Ex e.

□ Неотъемлемая безопасность (МЭК/EN 60079-7/ EN 50020)

Безопасность гарантируется с помощью ограничения энергии в устройстве, таким образом вызвать взрыв смеси становится невозможно. Устройство отмечено маркировкой Ex ia или Ex/ib.

□ Безопасность типа N (МЭК/EN 60079-15/ EN 50021 Зона 2)

Устройство в своем составе не содержит никаких компонентов, которые могут вызвать взрыв смеси (нет искрения или горячих поверхностей). Устройство отмечено маркировкой Ex na.

□ Погружение в масло (МЭК/EN 60079-6/ EN 50015)

Элементы, погруженные в масло, отмечаются маркировкой Ex o.

□ Внутреннее избыточное давление (МЭК/EN 60079-2/ EN 50016)

Устройство установлено в герметичном корпусе, заполненном воздухом или нейтральным газом. Устройство отмечено маркировкой Ex p.

□ Защита в виде порошкового заполнения (МЭК/EN 60079-5/ EN 50017)

Устройство изолируется от опасной зоны с помощью инертного порошка (кварц). Устройство отмечено маркировкой Ex q.

□ Герметизация (МЭК/EN 60079-18/ EN 50028) Ex m

Устройство покрывается специальной эпоксидной смолой. Устройство отмечено маркировкой Ex m.

■ Дополнительные предосторожности

Применение устройств безопасности, перечисленных выше, должно сопровождаться и дополнительными мерами предосторожности, позволяющими ограничить опасность.

В частности, снижение опасности электростатического разряда производится с помощью металлизации частей, выполненных из пластика, и заземления. Стандарт описывает следующие классы непроводящих поверхностей от 11A до LL1.

Аналогичные меры должны быть приняты для ограничения энергии любого излучения (микроволны, оптические или ультразвуковые волны). Стандарт EN 1127 описывает пороговые значения для данных излучений.

