

Пантелейев Лев Сергеевич

студент

Грушенко Богдан Владимирович

студент

Орлов Юрий Анатольевич

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный

университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»

г. Владимир, Владимирская область

АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы анализа надёжности измерительных систем и средств безопасности. Описаны показатели MTBF, MTTF, методы повышения надёжности и роль стандартов IEC 61508 и SIL в обеспечении безопасности эксплуатации.

Ключевые слова: надёжность, измерительные системы, сбой, безопасность, избыточность, качество.

Любая измерительная система может дать сбой, поэтому её работа должна быть организована так, чтобы даже при ошибке она переходила в безопасный режим.

На практике мы часто сталкиваемся с большой трудностью, которая заключается в определении того, что именно является сбоем. Некорректный выходной сигнал системы сложнее интерпретировать, чем полную потерю выходного сигнала измерения. Как известно, надёжность, по существу, носит вероятностный характер и может быть количественно определена почти в абсолютных терминах через среднее время между отказами (MTBF) и среднее время до отказа (MTTF). Следует подчеркнуть, что эти два показателя обычно являются средними значениями, рассчитанными для ряда идентичных приборов, поэтому для конкретного прибора они могут отличаться от среднего.

MTBF – это параметр, который выражает среднее время между отказами, происходящими в приборе, рассчитанное за определённый период времени.

MTTF – это альтернативный способ количественной оценки надёжности. Обычно он используется для таких устройств, как термопары, поскольку они подлежат замене после выхода из строя. MTTF показывает среднее время до отказа, рассчитанное по множеству одинаковых устройств.

Комбинация показателей MTBF и MTTF позволяет определить доступность. Доступность измеряет долю времени, в течение которого прибор работает без сбоев.

В электронных компонентах часто наблюдается поведение, описываемое кривой, представленной на рисунке 1.

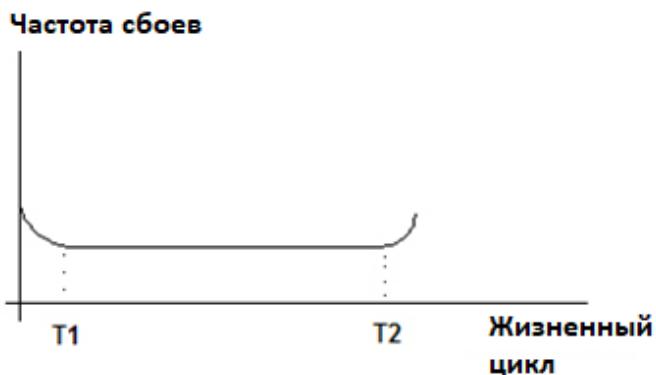


Рис. 1. Типичная кривая надёжности электронного компонента

Надёжность последовательных компонентов должна учитывать вероятность отдельных отказов за определённый промежуток времени. Для измерительной системы с n последовательными компонентами надёжность R_s равна произведению надёжности отдельных элементов:

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n$$

Надёжность можно повысить путём параллельного размещения компонентов. В этом случае система выйдет из строя, только если все компоненты откажут. Тогда надёжность системы будет выражаться формулой:

$$R_s = 1 - F_s$$

где F_s – ненадёжность системы

Например, в безопасной измерительной системе параллельно работают три одинаковых прибора. Надёжность каждого составляет 0,95, а надёжность всей системы определяется как

$$Rs = 1[(1 - 0,95) \cdot (1 - 0,95) \cdot (1 - 0,95)] = 0,99988$$

Такие методы повышения надёжности могут быть применены не только в промышленности, но и в автосервисе для контроля качества диагностического оборудования. Существует несколько способов повышения надёжности измерительной системы:

- защита приборов: оснащение инструментов надлежащими защитными устройствами может помочь улучшить и гарантировать более высокий уровень надёжности. Например, термопары должны быть защищены при работе в неблагоприятных условиях эксплуатации;
- избыточность: в этом случае используется более одного прибора, работающих параллельно и иногда переключающихся автоматически. Это значительно повышает надёжность.
- системы безопасности, они используются для контроля значений и параметров установки в пределах рабочих лимитов, и при наличии опасных условий они должны выдавать сигналы тревоги и приводить установку в безопасное состояние или даже в режим полного отключения;
- инструментальные системы безопасности (SIS) – это системы, отвечающие за безопасность эксплуатации и обеспечивающие аварийную остановку в пределах безопасных значений всякий раз, когда операция выходит за эти пределы.

Основная цель данных методов состоит в том, чтобы избежать несчастных случаев на заводах и за их пределами, таких как пожары, взрывы, повреждение оборудования, а также защита производства и собственности, более того, избежать риска для жизни или ущерба для личного здоровья и катастрофических последствий для общества.

Продукты, сертифицированные по стандарту IEC 61508 должны учитывать три типа отказов:

- 1) случайные отказы аппаратного обеспечения;
- 2) систематически отказы;
- 3) отказы по общим причинам.

Стандарт IEC 61508 разделён на 7 частей, из которых первые 4 являются обязательными, остальные 3 служат в качестве руководств:

- 1) общие требования;
- 2) требования к системам Е/Е/РЕ, связанным с безопасностью;
- 3) требования к программному обеспечению;
- 4) определения и сокращения;
- 5) примеры методов определения уровней полноты безопасности;
- 6) руководства по применению IEC 61508-2 и IEC 61508-3;
- 7) обзор методов и мер.

Этот стандарт систематически обрабатывает все этапы жизненного цикла SIS (инструментальных систем безопасности) и ориентирован на требуемую производительность системы. То есть, после достижения желаемого уровня SIL (уровень полноты безопасности), уровень избыточности и интервал тестирования остаются на усмотрение разработчика системы. Высокая надёжность системы особенно важна, например, при обслуживании автомобилей, так как качественная диагностика влияет на безопасность движения.

IEC 61508 стремится улучшить программируемую электронную систему безопасности (PES), в которую входят ПЛК, микропроцессорные системы, распределённые системы управления, интеллектуальные датчики и исполнительные механизмы, с целью унификации применяемых концепций.

На практике во многих случаях наблюдается использование оборудования с сертификацией SIL для использования в системах управления, но не выполняющих функций безопасности. Считается также, что на рынке существует определённая дезинформация, которая приводит к покупке более дорогого оборудования, разработанного для функций безопасности, где на практике оно применяется для управления технологическими процессами, но в таких условиях наличие

сертификации SIL не приносит ощутимой пользы и иногда усложняет практическое применение оборудования.

Список литературы

1. Пантелейев Л.С. Выбор методов и средств измерения для контроля качества сувенирных изделий / Л.С. Пантелейев, Д.Ю. Орлов // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых: сборник материалов научно-практической конференции (Владимир, 17 марта – 4 апреля 2025 г.). – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2025. – С. 81–82.
2. Леонтьева А.Н. Сравнительный анализ комплексной системы обеспечения безопасности с интегрированной системой безопасности / А.Н. Леонтьева, Б.Э. Забержинский // Актуальные проблемы информационной безопасности. Теория и практика использования программно-аппаратных средств: материалы X Всероссийской научно-технической конференции (Самара, 21–22 марта 2017 года). – Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. – С. 48–51. – EDN ZMTXCD.