

Как не нужно оценивать надежность микропроцессорных устройств релейной защиты

В. И. Гуревич, начальник сектора Центральной лаборатории электрической компании Израиля, канд. техн. наук

Введение

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 [1] надежность трактуется как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции **в заданных режимах и условиях применения**, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Как видно из определения, надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его пребывания может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенное сочетание этих свойств.

Важнейшими показателями надежности являются:

наработка до отказа (*Operating Time To Failure, OTTF*) — наработка объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа;

наработка между отказами (*Operating Time Between Failures, OTBF*) — наработка объекта от окончания восстановления его работоспособного состояния после отказа до возникновения следующего отказа;

средняя наработка до отказа (*Mean operating Time To Failure, MTTF*) — математическое ожидание наработки объекта до первого отказа;

средняя наработка на отказ или **наработка на отказ** (*Mean operating Time Between Failures, MTBF*) — отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.

В западной технической литературе используется несколько дополнительных показателей надежности, одним из которых является *Mean Time Between Unit Replacement (MTBUR)* — средняя наработка на отказ сменного элемента. Именно этот показатель и рекомендуется использовать в отраслевом РД 34.35.310-97 [2], хотя он и не предусмотрен в ГОСТ 27.002-89.

Неправильное использование этих понятий и рекламируемые некоторыми авторами попытки ревизии и упрощения руководящих документов в области оценки надежности может привести к серьезным негативным последствиям.

Предлагаемые некоторыми авторами методы оценки надежности

В русскоязычной технической литературе в последнее время появился ряд публикаций, рассматривающих вопросы оценки надежности микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ) [3, 4]. В частности, в [3] автором критикуется отраслевой стандарт РД 34.35.310-97 и предлагается в упомянутом выше определении заменить выражение «сменный элемент»:

«В связи с тем, что капитальный ремонт, позволяющий полностью и частично восстановить ресурс, для современных ЦРЗА не производится, наличие в РД [...] характеристики «средний срок службы сменного элемента до капитального ремонта» нельзя признать обоснованным. В современных цифровых устройствах сменной частью является съёмный модуль, как это реализовано во многих изделиях различных предприятий [...], а не какой-либо элемент схемы. Вызвано это, прежде всего, тем, что в условиях эксплуатирующего предприятия при существующих требованиях к оснащению и технологии выполнения ремонта невозможно заменить какой-либо отказавший SMD элемент — резистор, транзистор, микросхему и т.п. Учитывая сказанное, предлагается в РД [...] вместо первой характеристики установить грубую, описывающую надежность блока в целом — средняя наработка блока на отказ $T_{\text{б}}$, а третью характеристику — средний срок службы сменного элемента до капитального ремонта — исключить. При этом предполагается, что средняя наработка сменных модулей на отказ такая же, как средняя наработка блока в целом. Предлагаемый подход к установлению характеристик надежности реализован в документации на многие ЦРЗА».

В этой цитате намешано все: и «сменный элемент», и «блок в целом», и «съёмный модуль». Что есть что понять трудно. Например, в РД не расшифровано определение «сменного элемента». Исходя из обычно человеческой логики, можно предположить, что это какой-то элемент МУРЗ, который можно снять и заменить новым в процессе эксплуатации. Автор [3], понимая, что «SMD элементы — резистор, транзистор, микросхему» невозможно

заменить в процессе эксплуатации, почему-то считает, что составители РД были настолько глупы, что именно эти элементы назвали «съёмными»... То есть он сам придумал проблему и сам же пытается ее решить, рекомендуя «съёмный элемент» заменить «блоком в целом», не объясняя, что он имеет виду под словом «блок», которое может трактоваться и как МУРЗ в целом, и как отдельный его блок.

Из другой публикации того же автора в соавторстве [4] можно сделать вывод о том, что имеется в виду все же МУРЗ в целом, как единый «блок». В этой публикации автор со своим соавтором использует предложенное им же ранее изменение РД так, как будто бы оно уже принято и узаконено. Вместе с тем, следует отметить, что современные тенденции развития МУРЗ опровергают вывод авторов о необходимости изменения существующего Руководящего документа. В [5] показано, что перспективной тенденцией развития современных МУРЗ является продажа их на рынке в виде законченных функциональных модулей, стандартизированных по размерам и присоединениям. Такие конструкции МУРЗ уже существуют. Они поставляются в виде набора печатных плат (функциональных) модулей и корпуса с кросс-платой. Готовый к вводу уставок и функций МУРЗ собирается из таких модулей в течение нескольких минут. Очевидно, что при наличии на рынке таких модулей, не требуется демонтаж и отсылка отказавшего МУРЗ изготовителю. Достаточно лишь заменить «съёмный элемент» на месте. В этой связи, данные, полученные авторами в [4] и относящиеся к целому МУРЗ, сегодня уже не представляют интереса. Кроме того, в этой публикации допущен целый ряд дополнительных «погрешностей» снижающих ее ценность.

Как известно, для оценки надежности используются расчетные и экспериментальные методы, оговоренные в нормативных документах [6, 7]. Ни те, ни другие методы показали авторам непригодными. Первые — из-за отсутствия необходимых данных, вторые — из-за отсутствия денежных средств у компании. И вот, они решают оценивать надежность по результатам так называемой «подконтрольной эксплуатации», не требующей ни знания параметров надежности элементов, используемых в МУРЗ, ни вложения денежных средств на проведение настоящих испытаний на надежность, как того требует стандарт [6]. Используемый авторами метод основан лишь на информации, получаемой ими на основе опросов потребителей. При этом, сам производитель решает, принять ли во внимание тот или иной отказ МУРЗ:

«При всех дальнейших расчетах в случае определения количества претензий учитывались только

замечания по работе блоков, признанные производителем».

Во-первых, совершенно непонятно, как можно учитывать «претензии» потребителей без их классификации и присвоения им весового коэффициента, ведь отказы и повреждения МУРЗ могут быть разных видов и они могут по-разному влиять на способность МУРЗ выполнять те или иные (более важные или менее важные) функции МУРЗ.

Во-вторых, в ситуации, когда потребитель полностью зависим от производителя в вопросе о признании претензий и бесплатном ремонте, какой же потребитель станет выдавать производителю объективную информацию, которая может не понравиться последнему. Но, в таком случае, какова ценность и надежность всей этой информации? Тем не менее, именно на основе этой информации, имеющей весьма сомнительную надежность, авторы строят все свои дальнейшие расчеты и делают все свои выводы.

На этом слабость доводов авторов не исчерпывается. Они рассчитывают «суммарную наработку всей выборки блоков типа А и Б» простым арифметическим суммированием наработки блоков А и наработки блоков Б, хотя это блоки различных типов, имеющие различные интенсивности отказов.

Далее, в своих расчетах авторы принимают допущения, противоречащие не только реальному положению дел:

«При обработке данных учитывалось, что независимо от места установки все цифровые устройства релейной защиты во время эксплуатации находятся в одинаковых условиях в отношении электрических нагрузок на входы и выходы», но также и элементарной логике:

«Превышение уровня нагрузок на входы и выходы сверх номинальных значений происходит всего несколько раз за всё время эксплуатации и поэтому не может оказать воздействия на надёжность изделия. В силу этого при проведении контрольных испытаний на надёжность оказалось возможным учитывать только время наработки изделий и не регистрировать электрические параметры защищаемых установок».

Ведь совершенно очевидно, что условия эксплуатации оказывают очень значительное влияние на интенсивность отказов. Очевидно также, что даже единственный случай «превышения уровня нагрузок на входы и выходы сверх номинальных значений» может привести к необратимому отказу МУРЗ, поэтому предлагаемый авторами подход, при кото-

ром электрические воздействия на объект никак и ничем не регистрируются, в корне ошибочен.

Упрощенчество, предлагаемое авторами, идет вразрез с требованиями стандарта ГОСТ 27.301-95 [8], предусматривающего тщательную идентификацию объектов, надежность которых исследуется. Под идентификацией в этом стандарте понимается информация, включающая данные не только о самом объекте, но и об условиях его эксплуатации:

- назначение, области применения и функции объекта;
- критерии качества функционирования, отказов и предельных состояний, возможные последствия отказов (достижения объектом предельного состояния) объекта;
- структура объекта, состав, взаимодействие и уровни нагруженности входящих в него элементов, возможность перестройки структуры и/или алгоритмов функционирования объекта при отказах отдельных его элементов;
- наличие, виды и способы резервирования, используемые в объекте;
- типовая модель эксплуатации объекта, устанавливающая перечень возможных режимов эксплуатации и выполняемых при этом функций, правила и частоту чередования режимов, продолжительность пребывания объекта в каждом режиме и соответствующие наработки, номенклатуру и параметры нагрузок и внешних воздействий на объект в каждом режиме;
- планируемая система технического обслуживания (ТО) и ремонта объекта, характеризующаяся видами, периодичностью, организационными уровнями, способами выполнения, техническим оснащением и материально-техническим обеспечением работ по его ТО и ремонту.

В погоне за упрощением и удешевлением процедуры авторами полностью проигнорированы эти требования стандарта.

Не выдерживает никакой критики утверждение авторов о том, что:

«Полученные для перечисленных выборок оценки наработки на отказ превысили значение 100 000 ч, что позволяет утверждать следующее: при условиях эксплуатации, соответствующих установленным изготовителем, отличия внешних механических и климатических воздействующих факторов на разных объектах практически не оказывают влияния на значение наработки на отказ рассматриваемых в данной работе устройств».

Такой подход противоречит ГОСТ 27.002-89, требующему соблюдения «заданных режимов и условий

применения» (см. выше). Нарботка на отказ любого количества часов в неопределенных и не оговоренных условиях эксплуатации изделий никоим образом не может служить свидетельством того, что эти изделия будут работать надежно в конкретных диапазонах температур, влажности, вибраций, ударов и других климатических воздействий, оговоренных в технической документации изготовителя. Предлагаемая авторами подмена реальных испытаний в климатических камерах (которые, по мнению авторов, слишком дороги) результатами работы в совершенно неопределенных и весьма далеких от установленных в документации пределов является, по нашему мнению, совершенно недопустимой.

Озабоченность авторов экономией средств на испытания:

«Полученный экономический эффект обусловлен отсутствием длительных испытаний изделий на стендах, воспроизводящих реальные условия эксплуатации, и исключением затрат на изготовление испытательных образцов, утилизируемых после окончания испытаний на надежность»

можно понять, но нельзя принять непонимание авторами того, что климатические испытания предназначены для воспроизводства вовсе не реальных условий эксплуатации, как думают авторы, а предельных, которые и указываются в технической документации. Поэтому-то и полученные авторами результаты не многого стоят. Косвенным подтверждением этому является отсутствие в статье данных о точности предлагаемой методики, что предусмотрено ГОСТ 27.301-95 [8].

Рекомендуемый показатель надежности МУРЗ

По нашему мнению, фундаментальной ошибкой предлагаемой методики является выбор в качестве критерия оценки надежности релейной защиты параметра, называемого «наработкой на отказ» (МТВФ). Этот параметр предполагает многократные отказы оборудования с последующим его восстановлением (ремонт) и фактически равен частному от деления суммарной наработки на отказ на суммарное количество отказов, происшедших за весь период эксплуатации. По нашему мнению, этот показатель можно использовать во многих случаях, когда отказы оборудования не могут привести к каким-то катастрофическим последствиям (типа системных аварий в электроэнергетике) или к особо значительным убыткам. В случае же с релейной защитой, существует опасность того, что даже единичный отказ многофункционального микропроцессорного терминала может привести к очень

большим убыткам и даже к техногенным катастрофам. В этом случае, по нашему мнению, вместо показателя «наработка на отказ» должен использоваться показатель «наработка до отказа» (наработка до первого отказа), который больше подходит в качестве показателя надежности для релейной защиты в частности и для многофункциональных МУРЗ особенно. Если быть более точным, то это должен быть показатель, называемый **гамма-процентной наработкой до отказа**, представляющий собой наработку, в течение которой отказ объекта не возникает с вероятностью, выраженной в процентах (например, 95%). Некоторые авторы ранее уже приходили к выводу о том, что МТBF является не лучшим показателем для оценки надежности отдельных видов техники и предлагали использовать для такой оценки гамма-процентную наработку до отказа [9].

По нашему мнению, пришло время ввести в обращение этот показатель и для оценки надежности МУРЗ.

Заключение

Предлагаемые некоторыми авторами упрощенные методы оценки показателей надежности многофункциональных МУРЗ нельзя признать удовлетворительными поскольку они не учитывают (или учитывают недостаточно корректно) слишком много важных факторов. В качестве основного показателя надежности МУРЗ предлагается использовать «гамма-процентную наработку до отказа» вместо используемого сегодня показателя «наработка на отказ».

Литература

1. **ГОСТ 27.002-89** Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1989.
2. **РД 34.35.310-97**. Общие технические требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики. М.: ОРГРЭС, 1997.
3. **Захаров О. Г.** Корректировка требований к надежности цифровых устройств релейной защиты, автоматики и сигнализации. (http://tdleoton.ucoz.ru/publ/korrektirovka_trebovanij_k_nadezhnosti_cifrovjkh_ustrojstv_relejnoj_zashhity_avtomatiki_i_signalizacii/8-1-0-200).
4. **Гондуrow С.А., Захаров О.Г.** Способ оценки наработки на отказ по результатам эксплуатации для устройств релейной защиты и автоматики // СТА. 2010. № 3. С. 60 – 63.
5. **Гуревич В. И.** Новая концепция построения микропроцессорных устройств релейной защиты // Компоненты и технологии. 2010. № 6. С. 12 – 15.
6. **ГОСТ 27.410-87**. Надёжность в технике. Методы контроля показателей надёжности и планы контрольных испытаний на надёжность. М.: Изд-во стандартов, 2000.
7. **РД 50-690-89**. Методические указания. Надёжность в технике. Методы оценки показателей надёжности по экспериментальным данным. М.: Изд-во стандартов, 1990.
8. **ГОСТ 27.301-95**. Межгосударственный стандарт. Надёжность в технике. Расчет надёжности. Основные положения, М.: Изд-во стандартов, 1995.
9. **Нетес В.** Нарботка на отказ жесткого диска: истоки заблуждений и ошибок // PC Week/Russian Edition. № 14 (572). 24 – 30 апреля 2007.