

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

С.А.Гондуров, генеральный конструктор,

О.Г.Захаров, заместитель начальника управления качества ООО «НТЦ «Мехатроника» (Санкт-Петербург)

Надёжность релейной защиты определена в [1] как «вероятность выполнения ею требуемых функций при заданных условиях в течение заданного промежутка времени».

Как правило, производители цифровых устройств релейной защиты и автоматики (ЦРЗА) не публикуют данные о фактических значениях всех показателей надёжности выпускаемых ими устройств. Однако в технической документации практически всех отечественных ЦРЗА содержится информация о такой характеристике, как **средняя наработка на отказ** (T_0), включённой в номенклатуру показателей надёжности в РД [2; 3].

Первые ЦРЗА были выпущены на отечественной элементной базе, а данные о надёжности были доступны производителям, что позволяло определять те или иные её показатели расчётным методом.

В настоящее время в ЦРЗА используются импортные комплектующие элементы, официальная информация о надёжности которых отсутствует.

С момента ввода в эксплуатацию первых отечественных ЦРЗА прошло более 10 лет. Это дало возможность накопить достаточный объём информации о числе и видах отказов устройств. Её наличие позволяет оценить значение **наработки на отказ** по статистическим данным, как это рекомендовано в разделе 3.6 [4]. Аналогичный подход обоснован в [5].

Для проведения контрольных испытаний на надёжность на основании информации, получаемой по данным эксплуатации, был выбран план испытаний [NMS] по [6] при экспоненциальном распределении наработок на отказ (табл. 1).

Таблица 1. План контроля средних показателей надёжности по одноступенчатому методу для экспоненциального распределения

$\alpha = \beta = 0,05$		$\alpha = \beta = 0,10$		$\alpha = \beta = 0,20$		r_{np}
T_0/T_2	T_{max}/T_0	T_0/T_2	T_{max}/T_0	T_0/T_2	T_{max}/T_0	
4,651	1,970	3,269	2,432	2,174	3,089	5
2,858	5,425	2,283	6,221	1,718	7,289	10
2,389	9,246	1,953	10,300	1,553	11,680	15
2,096	13,200	1,792	14,520	1,460	16,170	20
1,942	17,300	1,672	18,840	1,398	20,720	25

В таблице 1: α, β — риски поставщика и потребителя, соответственно; r_{np} — предельное число отказов или отказавших объектов; T_0 — приёмочное значение наработки на отказ; T_2 — браковочное значение наработки на отказ; T_{max} — предельная суммарная наработка

Согласно выбранному плану испытаний, последовательно начинают испытания N блоков, т.е. передают их в эксплуатацию. После отказа (получения замечаний от эксплуатирующей организации) блок ремонтируют на предприятии-изготовителе (в плане испытаний — M) и продолжают эксплуатировать. По результатам расчётов выбранного показателя надёжности принимают решение (в плане испытаний — S) о его соответствии значению, указанному в документации на блок.

Согласно приведенным в [4] рекомендациям, при испытаниях с восстановлением объектов объём выборки (в этом случае — количество находящихся в эксплуатации объектов) не регламентируется.

Однако для контроля полученных результатов было определено минимальное количество блоков, которое должно находиться в эксплуатации в тот или иной момент времени. Для этого использовалось соотношение:

$$N_{min} = T_{max} / t_{i} \quad (1)$$

где T_{max} — предельная суммарная наработка; t_{i} — продолжительность испытаний.

Значение T_{max} определяли по данным, приведённым в таблице 1, для нескольких значений $T_0 = T_{np}$, рисков поставщика и потребителя; $\alpha = \beta$, и предельного числа отказов r_{np} .

Номинальное значение наработки на отказ T_0 специально принято соответствующим браковочному значению этого показателя T_2 , что позволит утверждать, что приёмочное значение показателя T_0 всегда будет больше номинального значения наработки на отказ.

На рисунке 1 показано изменение значений T_{max} , месяцев, в зависимости от предельного числа отказов r_{np} при $T_0 = T_{np} = 100000$ час (~139 месяцев) для $\alpha = \beta = 0,05$ (верхняя линия) и $\alpha = \beta = 0,20$ (нижняя линия).

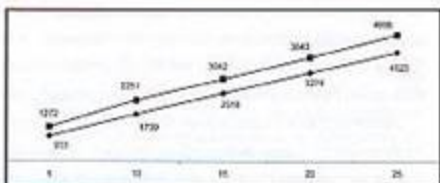


Рис. 1. Значения T_{max} в зависимости от r_{np}

Продолжительность испытаний блоков t_{i} была определена по формуле:

$$t_{i} = D_{пр} - D - (t_{max} + t_{рем}), \quad (2)$$

где $D_{отг}$ — дата отгрузки первого блока типа А¹ или Б; D — дата (09.09.2009) окончания испытаний; $t_{пр}$ — промежуток времени, прошедший от даты отгрузки до даты ввода в эксплуатацию; $t_{рем}$ — среднее значение времени, затрачиваемого на транспортировку блока к изготовителю и обратно, а также на ремонт².

Сложнее было получить сведения о дате ввода в эксплуатацию каждого блока, для чего использовались три источника.

Первый — "Уведомления о вводе блока" (вкладыши в паспорте блока). Заполнение их потребителем с указанием места и даты ввода блока в эксплуатацию предусматривает увеличение срока гарантии на изделие.

Использование этого источника позволило получить сведения о дате ввода³ в эксплуатацию и месте установки для 6% от общего числа выпущенных предприятием блоков ЦРЗА типа А и для 8,1% для блоков ЦРЗА типа Б. Сравнивая эти цифры, следует учитывать, что в документацию блоков указанный вкладыш был введен в разное время.

Вторым источником получения информации о месте и дате ввода в эксплуатацию стали те или иные претензии потребителей к работе блоков⁴.

И, наконец, третий — ответы на рассылаемые в эксплуатирующие предприятия запросы.

Учитывая, что, согласно формуле (1), сокращение продолжительности испытаний t_i приводит только к увеличению количества блоков, которые должны находиться в эксплуатации, то при определении t_i использовались большие значения $t_{отг}$, а именно: 8,5 месяцев для блоков типа А и 3,7 месяца для блоков типа Б.

Результаты расчетов t_i по формуле (2) следующие:

$$t_{iA} = 119 - 8,5 - 2 = 108,5 \sim 108 \text{ мес}; \quad (3)$$

$$t_{iB} = 35 - 3,7 - 2 = 29,3 \sim 29 \text{ мес}. \quad (4)$$

где t_{iA} , t_{iB} — продолжительность испытаний блоков типов А и Б, соответственно.

При проведении испытаний минимально необходимое количество объектов, находящихся в экс-

плуатации, было рассчитано для всех значений переменных величин — рисков потребителей, наработки на отказ и т.п.

В статье приведены результаты для одного случая — наработки на отказ $T_{от} = 100000$ ч, значения рисков потребителя и поставщика $\alpha = \beta = 0,05$, соответствующего наибольшим значениям N (рис. 2). Верхний график соответствует блокам типа Б, нижний — блокам типа А.

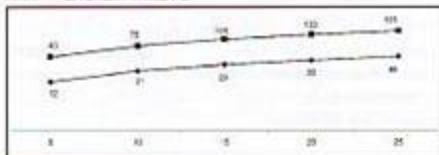


Рис. 2. Зависимость минимального числа блоков N , находящихся в эксплуатации, от предельного числа отказов $r_{от}$ для $\alpha = \beta = 0,05$ при $T_{от} = 100000$ ч

Из диаграммы, приведенной на рис. 2, следует, что даже для предельного числа отказов $r_{от} = 25$ минимальное количество блоков, находящихся в эксплуатации, не превышает 161 шт.

Фактическая наработка каждого блока, по которому не было претензий от потребителя, но была информация о дате ввода в эксплуатацию, определялась по выражению:

$$T_i = D - D_{отг} - t_{отг}^i, \quad (5)$$

где D — дата (09.09.2009), на которую рассчитывалось значение наработки i -го блока; $D_{отг}$ — дата отгрузки i -го блока потребителю; $t_{отг}^i$ — среднее время от отгрузки до ввода в эксплуатацию блоков, по работе которых не было высказано замечаний до момента D .

Эта же формула использовалась для определения фактической наработки блоков, для которых отсутствует информация о дате ввода в эксплуатацию и по работе которых не было замечаний.

Фактическая наработка блоков, по которым у потребителей были претензии, определялась по формуле, учитывающей затраты времени на их транспортировку к изготовителю и ремонт:

$$T_i = D - D_{отг} - (t_{отг}^i + t_{рем}^i), \quad (6)$$

где $t_{отг}^i$ — среднее время от отгрузки до ввода в эксплуатацию блоков, по работе которых были высказаны замечания, до момента D . Остальные обозначения приведены выше.

Результаты, полученные по (5) и (6) для каждого i -го блока одного и того же типа, использовались для определения суммарной наработки по формуле:

¹ Буквами А и Б обозначены блоки, отличающиеся конструктивно и имеющие разные выборы алгоритмов защиты, автоматизации, управления и сигнализации

² На основании информации о датах отгрузки и получении потребителями блоков, по работе которых были претензии, значение $t_{рем} = 2$ месяца

³ Среднее значение времени от отгрузки до ввода в эксплуатацию блоков в этом случае составило 8,5 месяца для блоков типа А и 3,7 месяца для блоков типа Б

⁴ Среднее значение времени от отгрузки до ввода в эксплуатацию блоков, по работе которых были высказаны замечания, составило 2,5 месяца для блоков типа А и 2,8 месяца для блоков типа Б

$$t_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_b \quad (7)$$

В соответствии с рекомендациями [5], все замечания потребителей по работе блоков, находящихся в эксплуатации, были разделены на две группы — признанные производителем и не признанные им. При дальнейшем рассмотрении учитывались только замечания первой группы.

На рисунке 3 верхний график показывает изменения суммарной наработки t_{Σ} блоков типа А, находящихся в эксплуатации. При наступлении первого отказа она составила 1999 месяцев, к этому моменту времени в эксплуатации находилось 17 блоков (вторая линия снизу).

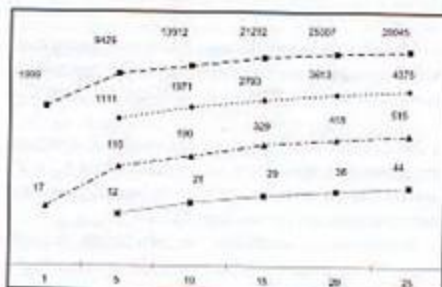


Рис. 3. Расчётные и фактические значения характеристик для блоков типа А

Третья снизу линия на рис. 3 показывает изменение суммарной наработки t_{Σ} . При наступлении 5-го, 10-го, 15-го, 20-го, 25-го отказов значение t_{Σ} всегда оказывается больше, чем значение t_{Σ}^{max} , рассчитанное по данным табл. 1.

График изменения минимального значения N (первая линия снизу) подтверждает, что количество находящихся в эксплуатации блоков всегда больше, вычисленного по формуле (1).

На рисунке 4 приведены аналогичные величины, рассчитанные по данным предприятий, эксплуатирующих блоки типа Б.

Из графиков видно, что при получении первой претензии значение суммарной наработки t_{Σ} (верхняя линия на рис. 4а) существенно превышает значение $t_{\Sigma}^{max} = 1111$ (нижняя линия на рис. 4а), рассчитанное по данным, приведённым в таблице 1.

На момент получения первого замечания по работе в эксплуатации находилось 344 блока (верхняя линия на рис. 4б), тогда как, согласно формуле (1), в эксплуатации может быть всего 43 блока (нижняя линия на рис. 4б).

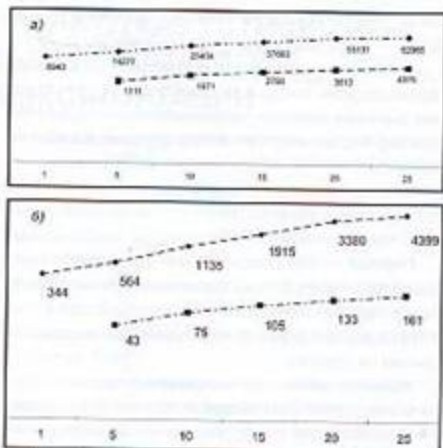


Рис. 4. Фактические и расчётные характеристики для блоков типа Б: а — наработка; б — количество блоков

Согласно рекомендациям, приведённым в [5], если первым достигается значение $t_{\Sigma} = t_{\Sigma}^{max}$ при $r < r_{пр}$, принимают решение о соответствии требованиям к показателю надёжности — наработке на отказ.

ВЫВОД

Проведённая по методике, изложенной в [5], обработка данных, полученных от эксплуатирующих предприятий, позволяет сделать вывод:

Фактическое значение наработки на отказ блоков типов А и Б превышает расчётное значение 100000 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шнейерсон Э.М. Цифровая релейная защита. — М.: Энергоатомиздат, 2007. — 549 с.
2. РД 34.35.310-97 “Общие требования к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем”. — М.: ОРГРЭС, 1997 (с изменением №1 от 06.08.98).
3. Захаров О.Г. Корректировка требований к надёжности цифровых устройств релейной защиты, автоматики и сигнализации // <http://olgezaharov.narod.ru/RD/nadezhnostj.pdf>
4. ГОСТ 27.410-87 “Надёжность в технике. Методы контроля показателей надёжности и планы контрольных испытаний на надёжность”. — М.: Издательство стандартов, 2000.
5. Дворин В.М. Оценка показателей надёжности радиоэлектронных систем // Радиотехника. — 1999 — №1. — С. 87.

НАДО ПОДПИСАТЬСЯ!

Журнал распространяется по подписке на территории Беларуси, России, Украины, Литвы, Латвии, Молдовы, Казахстана, Кыргызстана и Таджикистана.

Подписной индекс 74917

Редакционная коллегия:

Аншиско Вадим Андреевич — д.т.н., профессор (Минск).
Бакиров Данир Галимзинович — д.т.н., профессор (РФ, Пермь).
Несенчук Анатолий Петрович — д.т.н., профессор (Минск).
Седнин Владимир Александрович — д.т.н., профессор (Минск).
Стриха Иван Иванович — д.т.н., профессор (Минск).
Фурсанов Михаил Иванович — д.т.н., профессор (Минск).

СОДЕРЖАНИЕ

◆ Что нового?	2
◆ Энергохозяйство предприятия. Научные публикации	
К вопросу обеспечения графиков электрической нагрузки энергосистемы с привлечением потенциала энерготехнологических источников промышленных предприятий. Б.М.Хрусталёв, В.Н.Романюк, Я.Н.Ковалев, Н.А.Коломыцкая	4
Некоторые вопросы применения кабельной арматуры	
Г.А.Невар, В.Н.Радкевич, В.Б.Козловская	12
Экономия энергетических затрат в производстве полиэтилентерефталата. И.Ф.Кузьмицкий, И.В.Акиншева	18
◆ Энергохозяйство предприятия	
Определение наработки на отказ устройств релейной защиты и автоматики по результатам эксплуатации. С.А.Гондуров, О.Г.Захаров	20
◆ Промышленная безопасность	
Вопрос-ответ. Д.М.Лосевков	24
Измерения при проверке защит, обеспечивающих автоматическое отключение источника питания	
В.И.Нагуй, А.П.Крысенко	25
◆ Проектировщику	
Технический нормативный правовой акт	
ТКП 45-4.04-149-2009: новые требования и изменения, в сравнении с пособием П2-2000 к СНБ 3.02.04-03	
А.Л.Левин	28
◆ Ваш потенциальный партнёр	
Современные способы защиты электрооборудования от сетевых аварий. В.И.Миканович	36
DMX [®] — современные технологии Legrand для простой и надёжной защиты электроустановок до 4000 А	
А.Н.Жданович	38
◆ Содержание журнала	
“Энергия и Менеджмент” в 2009 году	40
◆ Юбилей	
Владимиру Александровичу Седнину — 60 лет!	46
Ивану Ивановичу Стрихе — 70 лет!	47
◆ Даты памяти	
Евгений Яковлевич Фёдоров	48

Энергия и Менеджмент

ЖУРНАЛ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКОВ

Индекс: 749172 (всл.)
74917 (инд.)

Выходит с января 2001 г.
Выпуск №1 (52)
Январь—Февраль 2010

Учредитель Борис Рубенчик
Издатель ПТК “ТЕХЭНЕРГОСЕРВИС”
Главный редактор
ПТК “ТЕХЭНЕРГОСЕРВИС”
Борис Васильевич
Главный редактор журнала
Борис Рубенчик

Редактор Марина Крупнича
Дизайнер Павел Бокач

Адрес редакции:
Ул. Кальварийская, 1-608
220004, Минск

Тел./факс +375 (17) 200 62 52, 306 20 13
E-mail: belare@web-energo.by
www.web-energo.by

Свидетельство о регистрации №1178
выдано Министерством информации
Республики Беларусь, 05.02.2010
Цена свободная
Тираж 1000 экз.
Подписано в печать 18.02.2010

Формат 60x84/8. Печать офсетная.
Бумага мелованная. Гарнитура Arial.

© Перепечатка либо иное воспроизведение материалов допустимы только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в типографии ООО “Юстмак”.
Лицензия ЛП №02330/0552734 от 31.12.2009.
220103, Минск, ул. Калиновского, д.6, Г 4/К, к.
Знак № 229.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 24 июля 2008 г. №164 журнал “Энергия и Менеджмент” включён в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам (энергетика).