

УДК 621.32

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ
СОВРЕМЕННОГО ЦИФРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
DETERMINATION OF RELIABILITY INDICATORS OF MODERN
DIGITAL EQUIPMENT OF ELECTRIC POWER SYSTEMS**

П.В. Сурович

Научный руководитель – А.Ю. Капустинский, м.т.н., старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

P. Surovich

Supervisor – A. Kapustsinski, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной статье приведены показатели надёжности основных типов цифровых устройств, приведенные в их паспортных данных и являющиеся статистическими данными, определяемые производителем, а также определены зависимые показатели надёжности на различных промежутках времени: в течение срока эксплуатации, гарантийного срока и межпроверочного интервала.*

***Abstract:** the article provides main types of electric power supply systems digital devices reliability factors, contained in operations manual and determined statistically by manufacturers. Dependent reliability factors during the lifetime, warranty period and during the period between inspections are calculated.*

***Ключевые слова:** показатель надёжности, средняя наработка на отказ, вероятность безотказной работы, вероятность отказа, интенсивность отказов, частота отказов.*

***Keywords:** reliability factor, average time between failures, reliability rate, failure rate, rate of occurrence of failures, failure density function.*

Введение

В связи с упрощением технологии производства и снижением стоимости единицы вычислительной мощности процессоров все больший рост получает цифровизация сетей. В то время, как коммутационные аппараты электрической части энергосистемы высоконадежны, и их наработка на отказ в большей степени характеризуется количеством циклов включения-отключения, которое, в свою очередь, зависит от режима работы устройства, вероятность отказа цифровых устройств напрямую зависит от времени их непрерывной работы.

Основная часть

Вероятность безотказной работы $P(t)$ – вероятность того, что в заданном интервале времени или заданной наработки отказ изделия не произойдет. Эта функция является убывающей. $P(0) = 1$; $P(\infty) = 0$, следовательно $0 \leq P(t) \leq 1$ [1].

В некоторых случаях более удобной характеристикой безотказности выступает вероятность отказа $Q(t)$. Очевидно, что $P(t)$ и $Q(t)$ события противоположные, несовместимые и образуют полную группу событий.

Следовательно, $Q(t) = 1 - P(t); P(t) = 1 - Q(t)$. Использование показателя вероятности безотказной работы имеет ряд достоинств:

- используется для оценки различных систем;
- применим для оценки на стадии проектирования системы;
- является показателем изменения надежности во времени;
- является достаточно полной характеристикой надежности, так как, учитывает большое число условий воздействий.

Наработка на отказ T – это среднее время исправной работы между двумя соседними отказами. Представляет собой отношение наработки восстанавливаемой системы к математическому ожиданию числа отказов в течение этой наработки. Данная величина случайная, точное значение которой заранее предсказать невозможно. Поэтому рассчитывается как среднее статистическое значение.

Поскольку отказы сложных систем возникают в произвольные моменты времени, значит, и время работы систем между отказами и до отказа также является непрерывной случайной величиной. Тогда следует, что одной из полных характеристик надежности систем или их элементов (особенно для невосстанавливаемых систем) должен служить закон распределения времени работы до отказа (между отказами) в дифференциальной форме в виде плотности вероятности, либо в интегральной форме в виде функции распределения.

Задача сводится к выявлению и математическому описанию такого закона, который отражал бы с высокой степенью достоверности объективную реальность. Основаниями для использования законов служат: опытные данные испытаний изделий или образцов, сведения об аналогах, эксплуатационные наблюдения, теоретические предпосылки.

Вероятность безотказной работы $P(t)$, вероятность отказа $Q(t)$ и частота отказа $a(t)$ определяются по следующим формулам [1]:

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1.1)$$

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1.2)$$

$$a(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad (1.3)$$

где λ – интенсивность отказа, год^{-1} , определяется статистически; t – любой момент времени, год.

Интенсивность отказа $\lambda(t)$ определяется по следующему выражению:

$$\lambda = \frac{1}{T}, \quad (1.4)$$

где T – средняя наработка на отказ, ч.

Основные типы цифровых устройств, применяемые в электроэнергетике и их параметры, предоставляемые производителем, приведены в таблице 1 [2...6].

Таблица 1 – Параметры цифровых устройств, предоставляемые производителем

Цифровое устройство	Средняя наработка на отказ, ч	Срок службы, лет	Время восстановления, ч	Гарантийный срок, лет
Модуль ввода-вывода (аналог ЭНМВ-1)	100000	20	1	5
Измерительный преобразователь (аналог ЭНИП-2)	100000	20	1	5
Цифровой амперметр (аналог ЦП8501)	150000	15	2	4
Цифровой вольтметр (аналог ЦП8501)	150000	15	2	4
Счетчик электроэнергии (аналог СЭТ 4 ТМ)	220000	30	2	5
Микропроцессорный терминал РЗА (аналог МР5 ПО 50)	100000	20	1	5
Программируемый контроллер (аналог Овен ПЛК110)	100000	8	—*	2
Импульсный блок питания (аналог Овен БП100К-12)	70000	10	—*	2

* – параметр не установлен производителем

Произведем расчет показателей надежности цифровых устройств электроэнергетики. Приведем пример расчета по формулам (1.1) – (1.4) [1] для импульсного блока питания (аналог БП100К-12)[6] на промежутке времени, равномежпроверочному интервалу:

$$\lambda = \frac{8760}{70000} = 0,125 \text{ год}^{-1},$$

$$P(t) = e^{-0,125 \cdot 2} = 0,779 = 77,9\% ,$$

$$Q(t) = 1 - e^{-0,125 \cdot 2} = 0,221 = 22,1\% ,$$

$$a(t) = 0,125 \cdot e^{-0,125 \cdot 2} = 0,097 \text{ год}^{-1} .$$

Расчетные данные для рассматриваемых устройств на различных промежутках времени внесены в таблицы 2...4.

Таблица 2 – Показатели надежности цифровых устройств на протяжении срока службы

Цифровое устройство	λ , год ⁻¹	P(t), %	Q(t), %	a(t), год ⁻¹
Модуль ввода-вывода (аналог ЭНМВ-1)	0,088	17,3	82,7	0,015
Измерительный преобразователь (аналог ЭНИП-2)	0,088	17,3	82,7	0,015
Цифровой амперметр (аналог ЦП8501)	0,058	41,6	58,4	0,024
Цифровой вольтметр (аналог ЦП8501)	0,058	41,6	58,4	0,024
Счетчик электроэнергии (аналог СЭТ 4 ТМ)	0,04	30,3	69,7	0,012
Микропроцессорный терминал РЗА (аналог МР5 ПО 50)	0,088	17,3	82,7	0,015
Программируемый контроллер (аналог Овен ПЛК110)	0,088	49,6	50,4	0,043
Импульсный блок питания (аналог Овен БП100К-12)	0,125	77,9	71,4	0,036

Таблица 3 – Показатели надежности цифровых устройств на протяжении гарантийного срока

Цифровое устройство	λ , год ⁻¹	P(t), %	Q(t), %	a(t), год ⁻¹
Модуль ввода-вывода (аналог ЭНМВ-1)	0,088	64,5	35,5	0,057
Измерительный преобразователь (аналог ЭНИП-2)	0,088	64,	35,5	0,057
Цифровой амперметр (аналог ЦП8501)	0,058	79,2	20,8	0,046
Цифровой вольтметр (аналог ЦП8501)	0,058	79,2	20,8	0,046
Счетчик электроэнергии (аналог СЭТ 4 ТМ)	0,04	81,9	18,1	0,033
Микропроцессорный терминал РЗА (аналог МР5 ПО 50)	0,088	64,5	35,5	0,057
Программируемый контроллер (аналог Овен ПЛК110)	0,088	83,9	16,1	0,074
Импульсный блок питания (аналог Овен БП100К-12)	0,125	28,6	22,1	0,097

Таблица 4 – Показатели надежности цифровых устройств на протяжении межпроверочного интервала

Цифровое устройство	λ , год ⁻¹	P(t), %	Q(t), %	a(t), год ⁻¹
Модуль ввода-вывода (аналог ЭНМВ-1)	0,088	91,61	8,39	0,08
Измерительный преобразователь (аналог ЭНИП-2)	0,088	91,61	8,39	0,08
Цифровой амперметр (аналог ЦП8501)	0,058	94,33	5,67	0,055
Цифровой вольтметр (аналог ЦП8501)	0,058	94,33	5,67	0,055
Счетчик электроэнергии (аналог СЭТ 4 ТМ)	0,04	96,09	3,91	0,038
Микропроцессорный терминал РЗА (аналог МР5 ПО 50)	0,088	91,61	8,39	0,08
Программируемый контроллер (аналог Овен ПЛК110)	0,088	91,61	8,39	0,08
Импульсный блок питания (аналог Овен БП100К-12)	0,125	88,24	11,76	0,11

Графики изменения во времени вероятности безотказной работы и вероятности отказа импульсного блока питания (аналог БП100К-12)[6] на различных промежутках времени приведены на рисунках 1...3.

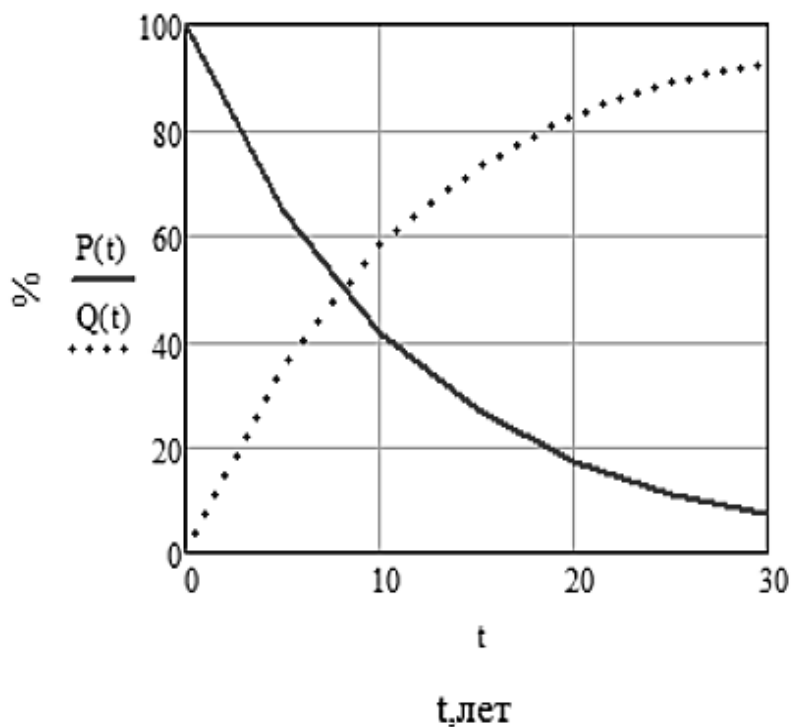


Рисунок 1 – График изменения во времени вероятности безотказной работы и вероятности отказа импульсного блока питания (аналог БП100К-12) [6] на промежутке времени, равном гарантийному сроку

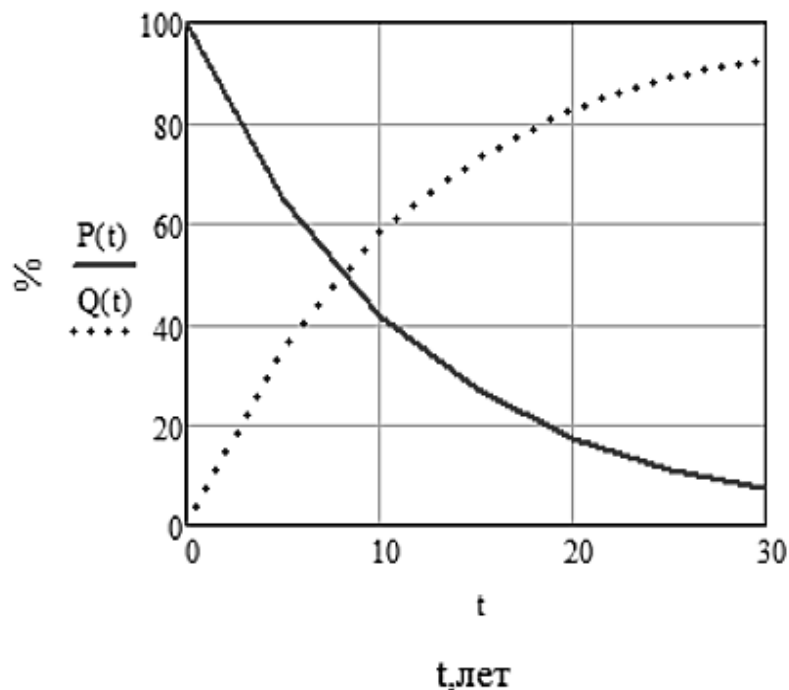


Рисунок 2 – График изменения во времени вероятности безотказной работы и вероятности отказа импульсного блока питания (аналог БП100К-12) [6] на промежутке времени, равном сроку службы

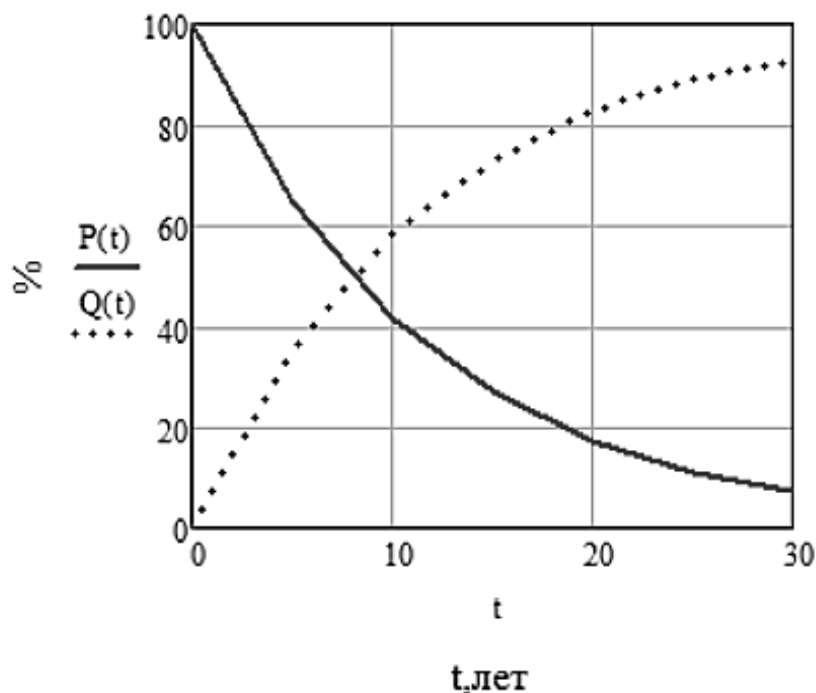


Рисунок 3 – График изменения во времени вероятности безотказной работы и вероятности отказа импульсного блока питания (аналог БП100К-12) [6] на межпроверочном промежутке

Заключение

Согласно таблицам 2...4, а также рисункам 1...3, вероятность безотказной работы на промежутке времени, равном сроку эксплуатации, стремится к нулю. Ввиду этого существуют межпроверочные интервалы, в среднем 1-2 года, необходимые для того, чтобы отследить факторы, вызывающие внезапные

отказы оборудования, а также предотвратить отказы. В то же самое время стоит отметить, что большая часть внезапных отказов оборудования связана не с его повреждением, а с накоплением программных ошибок, и может быть устранена перезагрузкой, то есть время восстановления цифровых устройств минимальное.

Литература

1. Анищенко, В. А. Основы надежности систем электроснабжения: пособие для специальности 1-43 01 03 "Электроснабжение" специализации 1-43 01 03 01 "Электроснабжение промышленных предприятий" / В. А. Анищенко, И. В. Колосова; Белорусский национальный технический университет, кафедра "Электроснабжение". - Минск: БНТУ, 2007. - 151 с.
2. Каталог компании ОАО «Белэлектромонтажналадка» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bemn.by>. – Дата доступа: 10.10.2021.
3. Каталог компании «Энергомера» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energoмера.by>. – Дата доступа: 10.10.2021.
4. Каталог компании «Электроприбор» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.electropribor.by/>. – Дата доступа: 11.10.2021.
5. Каталог инженерного центра «Энергосервис» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://enip2.ru/production/izmereniya/enip-2/>. – Дата доступа: 11.10.2021.
6. Каталог компании «Овентехно» оборудование для автоматизации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://owen.by/>. – Дата доступа: 12.10.2021.