

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА «WOLFRAM MATHEMATICA» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ

Львова Татьяна Николаевна¹, Мухаметгалеев Танир Хамитевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹tn.lvova@yandex.ru, ²banzay-13-13@yandex.ru

В статье демонстрируется применение пакета «Wolfram Mathematica» для исследования влияния интенсивности отказов конкретных компонентов на надежность работы многокомпонентной системы с использованием математических функций распределения. Исследуется устойчивость основной системы и двух ее подсистем к отказу (средняя наработка до отказа, вероятность безотказной работы и вероятность отказов). Для выбора различных значений интенсивности отказов компонентов и времени работы используются специальные элементы управления.

Ключевые слова: интерактивная модель, закон распределения, вероятность безотказной работы, вероятность отказов, средняя наработка до первого отказа, интенсивность отказов, интегральная функция распределения отказов, элементы управления.

APPLICATION OF THE “WOLFRAM MATHEMATICA” PACKAGE TO STUDY THE RELIABILITY OF THE MULTICOMPONENT SYSTEM

Lvova Tatiana Nikolaevna¹, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹tn.lvova@yandex.ru, ²banzay-13-13@yandex.ru

The use of the Wolfram Mathematica package to study the effect of the failure rate of specific components on the reliability of a multicomponent system using mathematical distribution functions is demonstrated in the article. The stability of the main system's and its two subsystems to failure (mean time to failure, survival, and hazard functions) are investigated. Special controls are used to select different values of component failure rates and operating time.

Keywords: interactive model, the law of distribution, survival, probability of failures, mean time to failure, failure rates, integral failure distribution function, controls.

В последние годы преподавание сложных инженерных дисциплин невозможно представить без применения элементов визуального и интерактивного контента для лучшего усвоения студентами изучаемого материала. Широко применяется современные программные пакеты для моделирования различных инженерных систем, в том числе, систем электропривода. Так в [1, с. 120] применялось моделирование в среде

MATLAB для исследования электропривода постоянного тока. В [2, с. 2] рассматривалась интерактивная модель построения статических характеристик трехфазного асинхронного двигателя в среде *Wolfram Mathematica*. В данной работе в качестве примера применения современных методик демонстрируется интерактивная модель для исследования устойчивости к отказу многокомпонентной системы. Модель позволяет наглядно представлять влияние различных параметров отдельных компонентов на работоспособность как подсистем, так и всей системы в целом. Проводится мониторинг вероятности безотказной работы и вероятности отказов системы для различных значений средней наработки до отказа. Для выбора различных значений интенсивности отказов компонентов и времени работы, используются специальные элементы управления.

Исследуется основная система, состоящая из двух подсистем. Подсистема *A* рассматриваемой системы соединена последовательно с подсистемой *B*; подсистема *A* имеет один компонент (C_3) параллельно с двумя последовательными компонентами (C_1, C_2); подсистема *B* имеет три параллельных компонента (C_4, C_5, C_6). Предполагается, что компоненты C_1, C_4 имеют равную постоянную интенсивность отказов λ_1 , компоненты C_2, C_5 имеют равную постоянную интенсивность отказов λ_2 и компоненты C_3, C_6 имеют равную постоянную интенсивность отказов λ_3 . Постоянная частота отказов λ_i подразумевает, что время выхода из строя компонента C_i является случайной величиной, которая следует экспоненциальному распределению с параметром λ_i .

Для исследования надежности сложной технической системы [3, с. 55] применяется интерактивная модель, основанная на теории надежности. Проведено моделирование отказов системы с течением времени с помощью трех типов функций распределения вероятностей: логнормальной, экспоненциальной и Вейбулла [4, с. 17]. Модель наглядно демонстрирует поведение функции распределения плотности отказов $f(t)$ при различных значениях параметров (μ и σ для логнормального, λ для экспоненциального, α и β для распределений Вейбулла). На рис. 1 также приводится вид интегральной функции распределения отказов $F(t)$, и зависимость мгновенного коэффициента отказов, представляющего собой отношение распределения отказов к так называемому распределению выживаемости $1 - F(t)$:

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}. \quad (1)$$

Плотность отказов согласно модели экспоненциального распределения:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (2)$$

Выбранная для исследования при помощи элементов управления экспоненциальная модель надежности подразумевает неизменную интенсивность отказов элемента (системы):

$$\lambda(t) = \lambda = \text{const}, \lambda > 0. \quad (3)$$

Время работы до отказа, при этом, является непрерывной случайной величиной, распределенной экспоненциально. Видно, что основная система (оранжевая) всегда менее надежна, чем ее подсистемы, потому что подсистема *A* (зеленая) соединена последовательно с подсистемой *B* (синяя). Кроме того, подсистема *B* всегда обладает высочайшей надежностью, поскольку все ее компоненты подключены параллельно (учитывая, что обе подсистемы, *A* и *B*, включают в себя три аналогичных компонента).

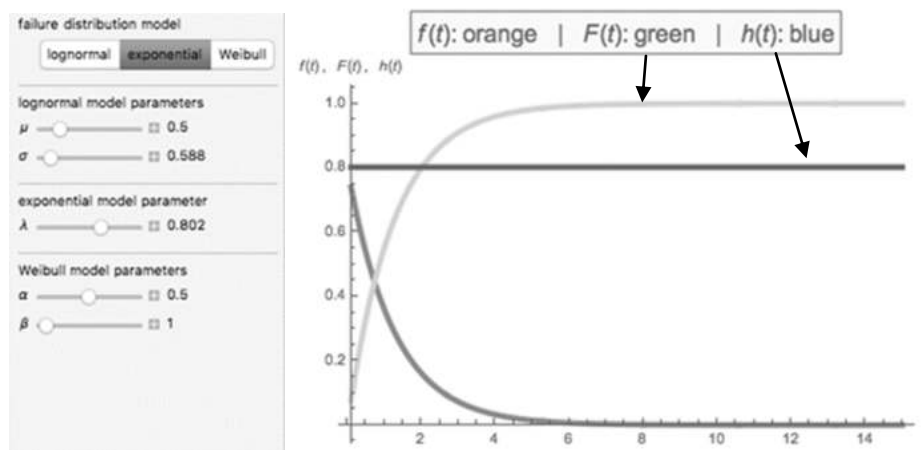


Рис. 1. Функция распределения плотности отказов $f(t)$, интегральная функция распределения отказов $F(t)$ и мгновенный коэффициент отказов $h(t)$ для экспоненциальной модели распределения отказов

Получены зависимости вероятности безотказной работы (рис. 2, *a*) и вероятности отказов (рис. 2, *б*) для основной системы, ее двух подсистем и ее компонентов. Приведены значения средней наработки до отказа. Пунктирные линии на графике вероятности отказов соответствуют постоянной интенсивности отказов компонентов согласно (3).

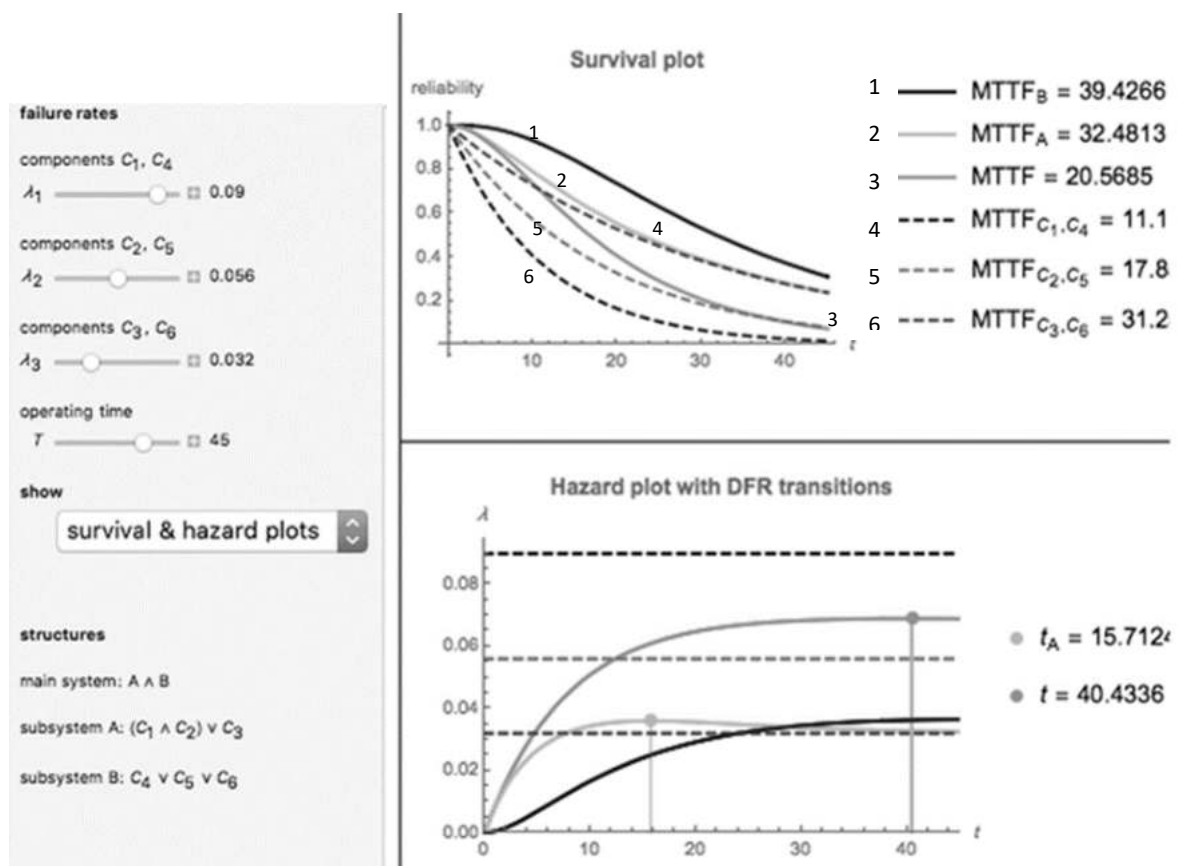


Рис. 2. Зависимости вероятности безотказной работы (a) и вероятности отказов (b) для основной системы, ее двух подсистем и всех компонентов.

На рис. 3 представлены графики зависимости средней наработки до отказа от времени для различных значений интенсивности отказов λ_1 , λ_2 и λ_3 соответственно.

Приведены значения частных производных функции средней наработки до отказа для основной системы и двух ее подсистем для фиксированных значений интенсивности отказов λ_1 , λ_2 и λ_3 . Хорошо видно изменение функции зависимости средней наработки на отказ от времени. Интенсивность отказов каждого компонента изменяется в диапазоне от 0,01 до 0,10 при прочих равных условиях.

Кроме того, модель позволяет получить зависимость взвешенного предельного изменения интенсивности отказов выбранного компонента на среднюю наработку до отказа основной системы и двух ее подсистем.

Моделирование дает возможность наглядно и оперативно оценить влияние на отказоустойчивость системы соответствующих параметров, образующих ее подсистем. Это позволяет упростить проведение расчетов надежности для сложных многокомпонентных систем.

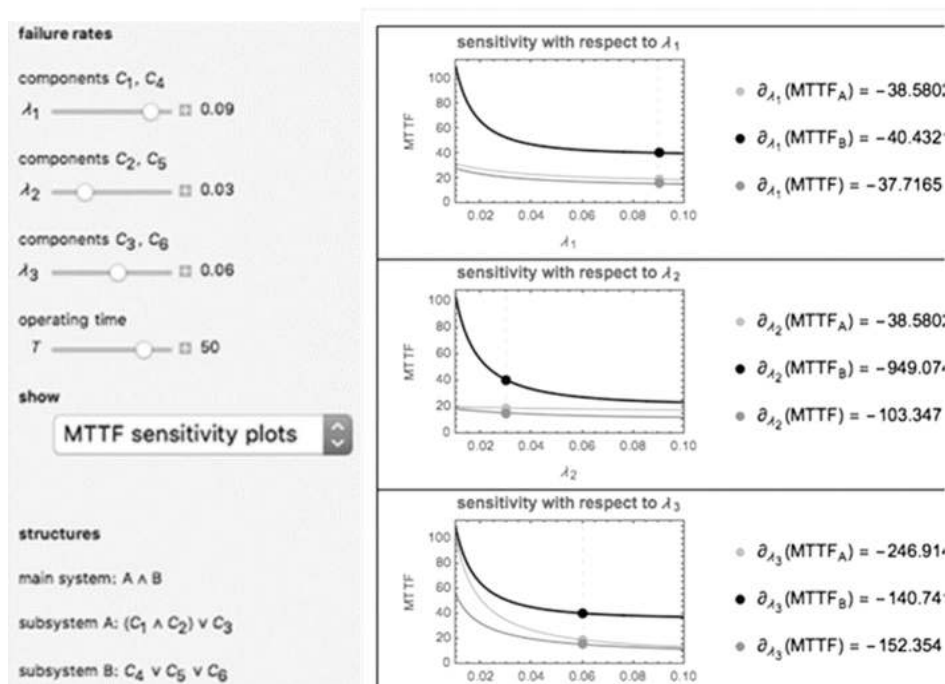


Рис. 3. Графики зависимости средней наработки до отказа от времени для различных значений интенсивности отказов λ

Источники

1. Алгоритм параметрической идентификации электропривода постоянного тока с применением инверсной модели / Н.А. Малёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 119–133.

2. Львова Т.Н., Мухаметгалеев Т.Х. Применение пакета «WOLFRAM MATHEMATICA» для исследования характеристик трехфазных асинхронных двигателей // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Науч.-практ. конф. В 2 т. Казань, 2021. Т. 1. С. 367–371.

3. Обеспечение надежности сложных технических систем: учеб. для вузов / А.Н. Дорохов [др.]. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 352 с.

4. Ефремов А.А. Теория надежности: конспект лекций. Томск: Издательство ТПУ, 2015. 83 с.

5. Anping Zeng. Characteristics of Three-Phase Asynchronous Motors [Электронный ресурс]. URL: <https://demonstrations.wolfram.com/CharacteristicsOfThreePhaseAsynchronousMotors/> (дата обращения: 19.10.2022).

К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ ПО ФИЗИКЕ У СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА

Малацион Светлана Фиаловна¹, Куценко Светлана Мунавировна²
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹sveta_malacion@mail.ru, ²s.koutsenko@mail.ru

В статье проанализированы причины низкого уровня знаний по физике у абитуриентов и студентов, начинающих изучение физики в вузе. Предлагается для повышения качества обучения проверять остаточные знания студентов в начале изучения дисциплины и несколько раз в течении семестра, а также при защите выпускных квалификационных работ. Для слабоуспевающих студентов необходимо организовать курсы по выравниванию школьных знаний.

Ключевые слова: физика, компетенции, тестирование, балльно-рейтинговая система, электронные образовательные ресурсы.

ON THE QUESTION OF THE QUALITY OF KNOWLEDGE IN PHYSICS AMONG FIRST-YEAR STUDENTS

Kutsenko Svetlana Munavirovna¹, Malacion Svetlana Fialovna²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹s.koutsenko@mail.ru, ²sveta_malacion@mail.ru

The article analyzes the reasons for the low level of knowledge in physics among applicants and students beginning to study physics at the university. In order to improve the quality of education, it is proposed to check the residual knowledge of students at the beginning of the study of the discipline and several times during the semester, as well as during the defense of final qualifying papers. For underachieving students, it is necessary to organize courses on leveling school knowledge.

Keywords: physics, competencies, testing, point-rating system, electronic educational resources.

Многие преподаватели-физики высшей школы отмечают, что студенты технических специальностей, поступившие на первого курс, имеют, за небольшим исключением, очень низкую подготовку по физике. У бывших школьников отсутствуют не только теоретические знания (основные физические законы и формулы), но и практические знания. Обучающиеся не могут объяснить с физической точки зрения привычные природные явления: радугу, северное сияние, гром, молнию и т.д. Не знают величину напряжения в обычной бытовой сети, его частоту, используемую