

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ПРИ КОММУТАЦИИ РАБОЧИХ ТОКОВ

Храмогина В.В., студент, Ковалёв А.П., проф. д.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Испытывались на коммутационную способность одновременно $n=10$ выключателей напряжением 220 В, номинальный ток 10 А. После выхода из строя системы отключения выключателя седьмого коммутационного аппарата $r=7$ испытания прекратили. Число циклов, которое выдержали выключатели обозначим: t_r , $r=\overline{1,7}$ и расположим в вариационный ряд. Заносим значения наработок на отказ выключателя в колонку 2 таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты испытания $n=10$ выключателей

i	t_r	x_i	M_i	$X_{i+1}-X_i$	$(X_{i+1}-X_i)/M_i$	a_i	c_i
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2672	7,890583	1,053606	0,776925	0,737397	-0,022198	-0,124170
2	5811	8,667508	0,559013	0,217518	0,38911	-0,006909	-0,126894
3	7223	8,885026	0,3991	0,0261	0,065396	0,013224	-0,118392
4	7414	8,911125	0,32447	0,259538	0,799883	0,037994	-0,100924
5	9611	9,170664	0,286163	0,242209	0,846404	0,068153	-0,073988
6	12245	9,412873	0,268943	0,110744	0,411775	0,105164	-0,035501
7	13679	9,523617				0,804572	0,579868

Определить, не противоречит ли полученная при испытаниях статистика (таблица 1, колонка 2) функции распределения вероятностей Вейбулла по критерию согласия Манна. Определить параметры функции распределения вероятностей Вейбулла.

Манн и другие исследователи [1] разработали критерий согласия, предназначенный специально для распределения Вейбулла. Применяется этот критерий для случая, когда под наблюдением находится не более 25 однотипных единиц оборудования ($n \leq 25$).

Пусть t_1, t_2, \dots, t_r – первые r порядковых статистик наработки до отказа выключателя, полученные при прекращении их испытания в момент появления r -го отказа ($r \leq n$). Обозначим $x_i = \ln t_i$, $i = \overline{1, r}$. Тогда статистика, которая лежит в основе критерия будет иметь вид:

$$S = \frac{\sum_{i=[r/2]+1}^{r-1} \frac{X_{i+1} - X_i}{M_i}}{\sum_{i=1}^{r-1} \frac{X_{i+1} - X_i}{M_i}} \quad (1)$$

где $[\frac{r}{2}]$ – наибольшее целое число меньше или равное частоте от деления $\frac{r}{2}$.

Значение M_i , а также критическое значение $S_{кр}$ приводятся в таблицах приложения 13 [2].

Вычисляем значение $x_i = \ln t_i$ и результат заносим в таблицу 1, колонка 3. Значение коэффициента M_i находим с помощью таблицы приложения 13 [2] для случая, когда $n=10$, $i=7$, результат заносим в колонку 4, затем вычисляется $X_{i+1} - X_i$ и $\frac{X_{i+1} - X_i}{M_i}$.

Результаты расчётов заносим в колонки 5 и 6 таблицы 1.

В том случае, если получим, что $S < S_{кр}$, тогда гипотеза о том, что данная статистика не противоречит закону распределения Вейбулла принимается.

Используя формулу (1) находим:

$$S = \frac{\sum_{i=4}^6 \left[\frac{X_{i+1} - X_i}{M_i} \right]}{\sum_{i=1}^6 \left[\frac{X_{i+1} - X_i}{M_i} \right]} = \frac{2,058063}{3,249966} = 0,63$$

где $\left[\frac{r}{2} \right] + 1 = \left[\frac{7}{2} \right] + 1 = 4$.

Критическое значение $S_{кр} = 0,81$ получено из таблицы приложения 13 для случая: $n=10$, $r=7$, $\alpha=0,95$. Так, как $S < S_{кр}$ гипотеза о том, что распределение Вейбулла не противоречит, приведенной в колонке 2 таблицы 1 статистики подтверждается.

Параметры функции распределения Вейбулла находим следующим образом [2]:

$$\tilde{F}(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\tilde{\Theta}}\right)^{\tilde{\beta}}\right] \quad (2)$$

Весовые множители a_i и c_i для $n=10$ и $r=7$ находятся с помощью таблицы приложения 9 [2]. Полученные результаты заносим в колонки 7 и 8 таблицы 1.

Используя данные таблицы колонок 2,7,8 находим:

$$\tilde{u} = \sum_{i=1}^r a_i \cdot x_i = 9,498365 \text{ и } \tilde{b} = \sum_{i=1}^r c_i \cdot x_i = 0,478864.$$

Оценки параметров распределения Вейбулла находим, используя полученные значения \tilde{u} и \tilde{b} по формулам:

$$\tilde{\Theta} = e^{\tilde{u}} = 13338 \text{ циклов, } \tilde{\beta} = \frac{1}{\tilde{b}} = 2,09.$$

Подставим полученные параметры $\tilde{\Theta}$ и $\tilde{\beta}$ в формулу (2), получим:

$$\tilde{F}(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{13338}\right)^{2,09}\right] \quad (7)$$

С помощью формулы (7) можно определить вероятность того, что система отключения выключателя выйдет из строя через t коммутаций номинальных токов.

Перечень ссылок

1. Mann N.R., Fertig K.W., Scheuer E.M., Tolerance Bounds a New Goodness - of - Fit Test for Two-Parameter Weibull or Extreme - Value Distribution [with Tables for Censored Samples of Size 3 (1) 25], Aerospace Research Laboratories, , Wright Patterson Air Force Base, Ohio, ARL 71 - 0077, Contact No, AF 33 (615) - 70 - C - 1216, May 1971.
2. К. Канур, Л. Ламберсон. Надежность и проектирование систем. Мир. Москва, 1980. - 604 с.