

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНОЙ РАСХОДУЕМОГО РЕСУРСА

**А.С. Кирилюк, старший преподаватель, к.т.н., доцент,  
О.В. Кулаков, заместитель начальника кафедры, к.т.н., доцент,  
Национальный университет гражданской защиты Украины,  
г. Харьков**

По статистическим данным [1], количество пожаров по причине «нарушение правил пожарной безопасности при устройстве и эксплуатации электроустановок» составляет около 25% от всего количества пожаров.

Трансформаторы являются неотъемлемой частью энергосистемы страны. Современный этап эксплуатации украинской энергетики характеризуется: существенно возросшим количеством трансформаторов, выработавших назначенные ресурсы; высокозатратной системой их технического обслуживания и ремонта; резко снизившимися возможностями по финансированию дорогостоящих капитальных ремонтов.

В связи с этим продолжает оставаться актуальной задача совершенствования системы технического обслуживания и ремонта силовых трансформаторов с целью существенного снижения временных, трудовых, материальных и стоимостных затрат на поддержание работоспособного состояния и заданного уровня их надежности. Общеизвестным путем в этом направлении является разработка и внедрение технического обслуживания и ремонта силовых трансформаторов по состоянию, что, в свою очередь, требует решения ряда научных, организационных, технических и других задач. К их числу относится задача оценки показателей остаточного ресурса конкретного силового трансформатора по эксплуатационным данным.

Известные аналитические методы расчета показателей остаточного ресурса технических изделий [2, 3] основаны на построении математических моделей с детерминированной величиной расходуемого ресурса. В работе предлагаются математические модели для расчета показателей остаточного ресурса конкретного силового трансформатора в предположении, что суммарная наработка  $r(\tau)$  за фиксированную календарную продолжительность эксплуатации  $\tau$  является случайной величиной с известной функцией распределения  $G(x, \tau)$  и плотностью распределения  $g(x, \tau)$ . При этом тип этого закона распределения и его параметры зависят от календарной продолжительности эксплуатации трансформатора. Приведем расчетные соотношения для показателей

остаточного ресурса силового трансформатора со случайной величиной расходуемого ресурса.

Пусть  $F(x)$  – функция распределения наработки  $\xi$  изделия до ресурсного отказа,  $r(\tau)$  – случайная величина ресурса, вырабатываемая изделием к моменту  $\tau$  контроля технического состояния. Тогда остаточный ресурс  $\xi(g(x, \tau))$  изделия после момента  $\tau$  определяется по соотношению:

$$\xi(g(x, \tau)) = \begin{cases} \xi - r(\tau), & \text{если } \xi > r(\tau); \\ 0, & \text{если } \xi \leq r(\tau). \end{cases} \quad (1)$$

Более общей характеристикой остаточного ресурса является функция распределения остаточного ресурса, т.е.

$$F_r(t) = P\{\xi - r(\tau) \leq t / \xi > r(\tau)\} = \frac{P\{r(\tau) < \xi < t + r(\tau)\}}{P\{\xi > r(\tau)\}},$$

или

$$F_r(t) = \frac{F(r(\tau) + t) - F(r(\tau))}{P\{\xi > r(\tau)\}}, \quad (2)$$

где  $t$  – заданная наработка.

Соответствующая вероятность безотказной работы в течение заданной наработки  $t$  находится по соотношению:

$$P_r(t) = 1 - F_r(t) = \frac{P\{\xi > r(\tau) + t\}}{P\{\xi > r(\tau)\}}. \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что расчет вероятности безотказной работы или вероятности того, что величина остаточного ресурса изделия будет не менее заданной наработки  $t$  сводится к вычислению вероятностей  $P\{\xi > r(\tau)\}$  и  $P\{\xi > r(\tau) + t\}$ . Эти вероятности можно рассматривать как модели надежности типа "нагрузка-прочность" и для их расчета использовать известные соотношения [4].

Таким образом, расчеты показателей остаточного ресурса силовых трансформаторов необходимо проводить для календарных продолжительностей эксплуатации конкретных трансформаторов и соответствующих им законам распределения суммарной наработки.

### Список использованной литературы

1. Статистика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://undicz.mns.gov.ua/content/statistics.html>.
2. Садыхов Г.С., Савченко В.П. Оценка остаточного ресурса с использованием физической модели аддитивного накопления повреждений. – ДАН, т. 343, 1995. №4. – С.469-472.
3. Садыхов Г.С., Савченко В.П., Федорчук Х.Р. Непараметрический метод оценки нижней доверительной границы среднего остаточного ресурса технических изделий. – ДАН, т.343, 1995. №3. – С.326-328.
4. Переверзев Е.С. Случайные процессы в параметрических моделях надежности. - Киев: Наукова думка, 1987. – 252с.