

К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ  
НА НАДЕЖНОСТЬ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Методика ускоренных испытаний используется при проведении определительных испытаний на надежность однофазных мало-мощных трансформаторов, предназначенных для питания цепей управления и сети освещения станков серии ТБСЗ. Она также необходима для получения качественных показателей надежности, выявления слабых узлов с целью последующей доработки конструкции трансформаторов.

Режим работы данных трансформаторов продолжительный и повторно-кратковременный. Основными воздействующими факторами при работе трансформаторов в условиях эксплуатации, влияющими на их надежность, являются: повышение температуры; влажности; вибрация; электрические нагрузки; повышенное напряжение по отношению к номинальному значению; механические воздействия при транспортировке.

Анализ данных работы трансформаторов в условиях эксплуатации подтвердил наличие всех воздействующих факторов, за исключением вибрации. Отсутствие вибрации мест крепления трансформаторов обуславливается вынесением их на отдельно стоящие и не подверженные вибрациям щиты и пульты. Все вышеуказанные факторы, за исключением вибрации, включены в программу испытаний.

С целью оценки количественных показателей надежности и определения закона распределения отказов при исследовании надежности и долговечности трансформаторов был продолжен поставленный в 1971 г. на Минском электротехническом заводе им. В.И. Козлова специальный эксперимент на трансформаторах, взятых с конвейера. Условия работы, порядок и режимы испытаний трансформаторов соответствуют ГОСТу. При разработке методики ускоренных испытаний трансформаторов за основу взяты: результаты испытаний трансформаторов серии ТБС-С на срок службы; данные испытаний трансформаторов серии ТБС-3 при определении закона распределения отказов [1, 2].

С целью сокращения времени и стоимости эксперимента определен и принят оптимальный объем испытаний (87 трансформаторов). Трансформаторы испытывались согласно установленному режиму с последующим контролем необходимых параметров. За отказ трансформатора принимался обрыв цепи, электрический пробой, межвитковое и межслоевое замыкание, гудение

свыше 40 дБ. Все трансформаторы выборки подвергались нагрузкам при транспортировке согласно ГОСТу 7518 - 69. Планируемое время разбивалось на циклы. При испытании трансформаторы устанавливались в горизонтальном и двух вертикальных положениях по равному количеству. Каждый цикл испытаний проводился при установленном режиме: определенные воздействующие факторы и их последовательность (повышенные температуры, повышенная влажность, нормальные климатические условия), принятые длительность испытаний и электрический режим (номинальный, обесточенное состояние, повышенное напряжение). Перед испытаниями и после них через определенные промежутки времени производился замер контролируемых параметров: сопротивления изоляции, тока холостого хода, вторичных напряжений, уровня акустического шума. При исследованиях использовалось следующее оборудование: стенд с термостатом, гидростат объемом 2 м<sup>3</sup>, камера для измерения шумового уровня с шумомером Ш-63, установка для определения электрической прочности изоляции, электроизмерительные приборы.

За время испытаний продолжительностью 7000 ч вышли из строя 12 трансформаторов. Основной причиной отказов явился пробой изоляции между обмотками, оказавшейся слабым звеном в конструкции трансформаторов.

Данные об отказах за время 0 - 7000 ч приведены ниже.

10 <sup>3</sup> , ч	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7
	1	1	0	1	1	1	7

Испытываемые трансформаторы относятся к классу невосстанавливаемых изделий. Поэтому критериями надежности будут:  $P(t)$ ;  $a(t)$ ;  $\lambda(t)$ ;  $T_{cp}$ . Вычислим

$$P(t) = \frac{(N_0 - n(t))}{N_0},$$

где  $N_0$  - число трансформаторов в начале испытания;  $n(t)$  - число отказавших трансформаторов за время  $t$ .

По полученным результатам построена графическая зависимость вероятности безотказной работы, представленная на рис.1.

Для расчета характеристик  $a(t)$  и  $\lambda(t)$  использованы выражения:

$$a(t) = n(\Delta t)/(N_0 \cdot \Delta t); \quad \lambda(t) = n(\Delta t)/(N_{cp} \cdot \Delta t),$$

где  $n(\Delta t)$  - число отказавших трансформаторов в интервале времени  $t - \frac{\Delta t}{2}$  до  $t + \frac{\Delta t}{2}$ ;  $N_{cp}$  - среднее число работавших трансформаторов в начале интервала  $\Delta t$ ,  $N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}$ ;  $N_i$  - число трансформаторов, исправно работающих в начале интервала  $\Delta t$ ;  $N_{i+1}$  - число трансформаторов, исправно работавших в конце интервала  $\Delta t$ .

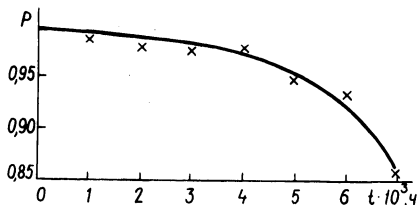


Рис. 1. Зависимость  $P$  от  $t$ .

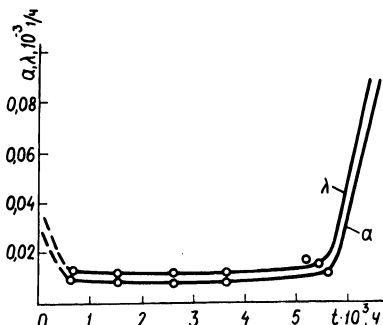


Рис. 2. Зависимость  $a$  и  $\lambda$  от  $t$ .

По результатам расчета получены зависимости  $a$  и  $\lambda$  от времени, представленные на рис. 2. Предположив, что на испытании находились только те трансформаторы, которые отказали, среднее время безотказной работы определится как

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \cdot t_{cp.i}}{N_0'} = 5084 \text{ ч},$$

где  $n_i$  - количество вышедших из строя трансформаторов в  $i$ -ом интервале времени;  $t_{cp.i}$  - середина  $i$ -го интервала;  $N_0'$  - общее количество вышедших из строя трансформаторов.

Полученное значение средней наработки до первого отказа является заниженным, так как опыт еще не закончен, учтены только отказы 12 трансформаторов из 87, поставленных на испытание.

Учитывая принятый режим ускоренных испытаний, ожидаемое фактическое время безотказной работы определится так:

$$T_{\text{ср.факт}} = T_{\text{ср}} \cdot K_y = 50840 \text{ ч},$$

где  $K_y$  - коэффициент ускорения испытаний.

Приведенные результаты в некоторой мере являются предварительными. Для получения показателей надежности по достаточно полным данным и окончательной обработки методики ускоренных испытаний на надежность и долговечность мало-мощных трансформаторов испытания будут продолжены.

#### Л и т е р а т у р а

1. ГОСТы 105 - 72, 13216 - 67. 2. Пешес Л.Я., Степанова М.Д. Основы теории ускоренных испытаний на надежность. Минск, 1972.