

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО СТАРЕНИЯ НА ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ В ИЗОЛЯЦИИ ЭМАЛЬПРОВОДОВ

Л. Е. КУКОЛЕВА, Ю. П. ПОХОЛКОВ, В. М. ШАМШУР

(Представлена научным семинаром кафедры ЭИКТ)

Отказы витковой изоляции обмоток низковольтных электротехнических конструкций в период приработки обусловлены в основном выявлением сквозных повреждений (дефектов) [1]. Пробивное напряжение здоровой изоляции эмальпроводов, как правило, намного превышает уровень рабочего напряжения и уровень коммутационных перенапряжений [2].

В настоящее время в ТПИ разработаны РТМ по расчету надежности витковой изоляции обмоток асинхронных двигателей в период приработки, где в качестве основных исходных параметров взяты дефектность эмальпроводов (q) и уровень коммутационных перенапряжений. Дефектностью q в данном случае принято называть вероятность появления в партии таких образцов, пробивное напряжение которых ниже максимального пробивного напряжения воздуха в толщине, равной односторонней толщине изоляции провода (с учетом перекрытия по поверхности)

$$q = \frac{n_{\bar{u}_{\max \text{ деф}}}}{\sum n_i},$$

где

$n_{\bar{u}_{\max \text{ деф}}}$ — число образцов, пробитых напряжением $U_{\max \text{ деф}}$,
 $\sum n_i$ — сумма образцов в партии.

$$U_{\max \text{ деф}} = \bar{U}_1 + 3 \sigma_1,$$

где

\bar{U}_1 и σ_1 — соответственно среднее значение и среднеквадратическое отклонение пробивного напряжения провода в месте сквозного повреждения.

Сквозные повреждения эмальизоляции проводов типа сдиров, порезов, проколов могут появиться как при изготовлении проводов, так и при изготовлении обмоток. Большинство из этих дефектов в период приработки конструкций, как уже было сказано, выявляется, однако отказы конструкций продолжают наблюдаться, причем частота их возрастает по мере физического износа изоляции под действием эксплуа-

тационных факторов (тепло, вибрация и т. д.). Можно высказать предположение, что рост интенсивности отказов витковой изоляции асинхронных двигателей обусловлен появлением в изоляции в процессе старения дефектов типа сквозных трещин. Предположение о возникновении сквозных трещин на поверхности эмальпровода было проверено рядом экспериментов. Так, провод, уложенный в пазы статора, извлекался из пазов и проверялся напряжением на пробой. По результатам наблюдения значений строилась гистограмма распределений $U_{пр}$. Затем строили аналогичную гистограмму для провода, изоляция которого была повреждена насквозь (на изоляцию наносили кольцевые порезы). Левые части гистограмм были идентичны. Подобный эксперимент проводился и при старении эмальпровода. Подтверждение этого предположения позволило оценку зависимости $q=f(\tau)$ использовать для оценки вероятности безотказной работы обмоток не только в период приработки, но и в любой отрезок времени. С этой целью нами были проведены исследования дефектности изоляции проводов марки ПЭВ-2 и ПЭТВ-*F*-35 диаметром 1,25 мм в процессе теплового старения. Провод ПЭВ-2 был взят как наиболее изученный во всех отношениях, ПЭТВ-*F*-35 как наиболее широко применяемый. Продолжительность теплового старения приводится ниже.

Время старения

Т а б л и ц а

Марка провода	Температура старения				
	140°	160°	180°	200°	220°
ПЭВ-2	14 суток	4 суток	1 сутки	4 суток	1 сутки
ПЭТВ- <i>F</i> -35	—	—	14 суток	—	—

Образцы представляют собой отрезки провода длиной 120 мм. Испытания на пробой проводились на переменном напряжении промышленной частоты. В качестве электродов использовалась дробь диаметром, близким диаметру провода.

Тепловое старение проводилось следующим образом: подготовленные образцы провода разделены на выборки (объем выборки 50 образцов), которые помещались в термостат. Извлечение отдельных выборок

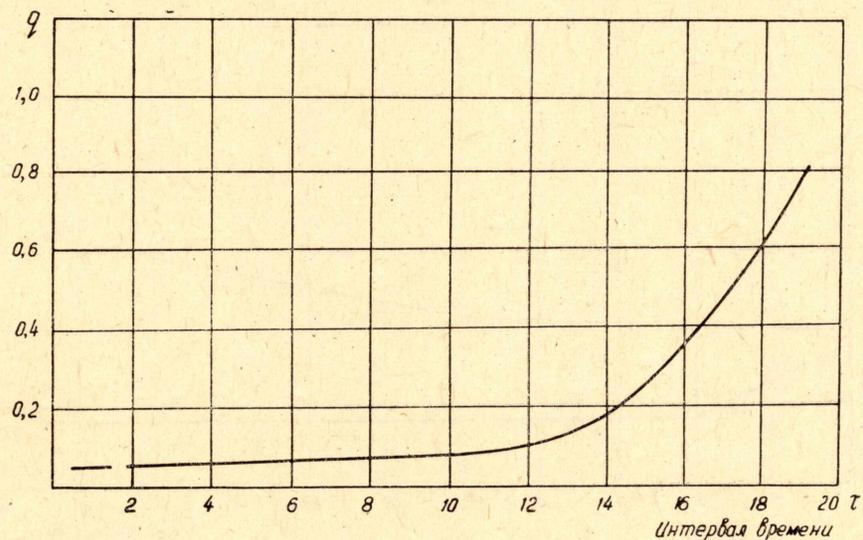


Рис. 1. Провод ПЭВ-2 $t=180^\circ\text{C}$. Зависимость $q=f(\tau)$

из термостата производилось через определенное для каждой температуры время, указанное в таблице.

По результатам наблюдения значения $U_{пр}$ строились гистограммы и определялась величина дефектности провода. Вид типичной кривой распределения $f(U_{пр})$ приведен [3].

На рис. 1 приведена зависимость $q=f(\tau)$ для провода ПЭВ-2 для температуры 180° . На рис. 2, 3 показаны изменения среднего значения и среднеквадратического отклонения пробивного напряжения всей изоляции (включая и дефектные места) \bar{U}_1 , σ_1 и отдельно такие же значения, характеризующие только здоровую изоляцию \bar{U}_2 и σ_2 . Разделение дефектной и здоровой изоляции проведено по величине пробивного на-

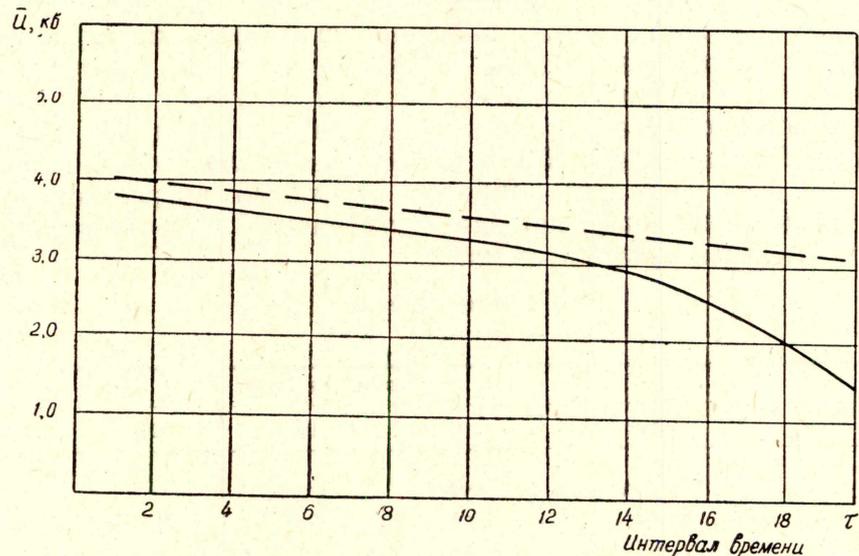


Рис. 2. Провод ПЭВ-2 $t=180^\circ$ С. Зависимость $U=t(\tau)$

пряжения $U_{\max \text{деф}} = 1,6 \text{ кВ}$. Как видно из рисунков, дефектность проводов не изменяется в течение определенного времени, а затем резко возрастает. Время, при котором величина q начинает возрастать, определяется температурой старения. Сравнение этих времен с суммарной длительностью циклов, рекомендуемых ГОСТ 10519-63, показывает, что

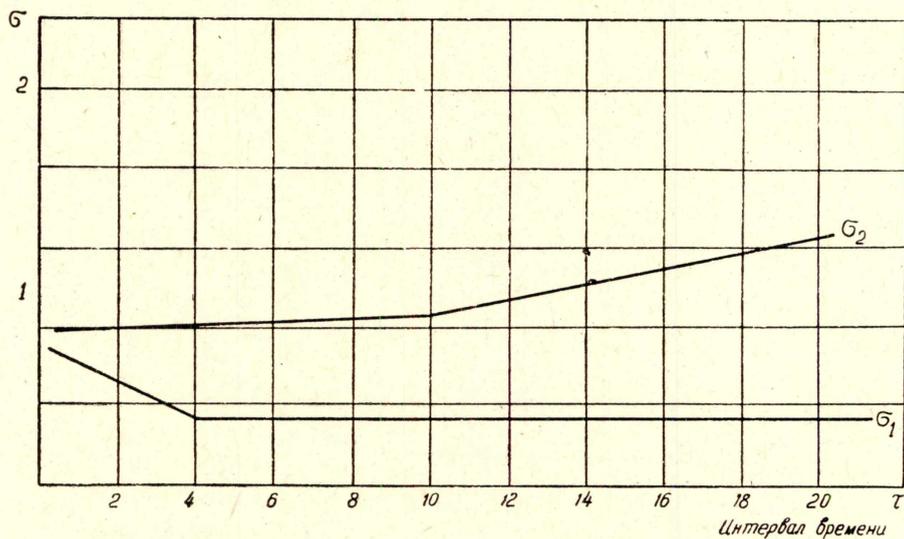


Рис. 3. Провод ПЭВ-2 $t=180^\circ$ С. Зависимость $\sigma=f(\tau)$

рост дефектов начинается через 9—11 циклов, т. е. примерно то количество циклов, которое определяет средний срок службы обмоток. Последнее дает возможность считать, что отказы обмоток в период физического старения обусловлены также наличием сквозных дефектов, появляющихся в результате старения эмальизоляции проводов. Подтверждением этого является также то, что величина \bar{U}_2 (среднепробивное напряжение здоровой изоляции) остается даже при длительных временах старения довольно высокой. Учитывая малую величину σ_2 , можно сказать, что пробой такой (неповрежденной) изоляции под действием коммутационных перенапряжений маловероятен.

Дефекты, образующиеся при тепловом старении эмальпроводов, представляют собой сквозные трещины, образовавшиеся в результате структурных изменений в эмальизоляции, которые приводят к появлению внутренних механических напряжений и разрыву связи.

Выводы

Наблюдение за изменением дефектности изоляции эмальпроводов марки ПЭВ-2 и ПЭТВ-*F*-35 в процессе теплового старения показывает, что в области времен, примерно соответствующих среднему сроку службы, наблюдается резкий рост дефектности — появление сквозных трещин.

ЛИТЕРАТУРА

1. РТМ ОАА 682 022-71. Двигатели трехфазные асинхронные общего применения мощностью от 0,12 до 100 квт. Томск, 1971.
 2. О. Д. Гольдберг, Н. С. Суворов. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность низковольтных асинхронных двигателей. «Электротехника», 1968, № 5.
 3. Ю. П. Похолков, В. И. Деревянко. К методу определения дефектности обмоточных эмальпроводов, применяемых в низковольтном электротехническом оборудовании. Настоящий сборник.
-