

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВИБРАЦИИ НА ДЕФЕКТНОСТЬ ВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ю. П. ПОХОЛКОВ, П. П. БЕСПЕРСТОВ, В. С. КЛЮЕВ,
В. В. ПЫХТИН

(Представлена научным семинаром кафедры ЭИКТ)

В процессе эксплуатации электрических машин изоляция их обмоток подвержена влиянию целого ряда факторов: тепло, вибрации, электродинамические усилия, влага, коммутационные перенапряжения и т. д. В зависимости от уровня и одновременности этих факторов степень влияния их на изоляцию различна.

В данной работе было проведено исследование одновременного влияния температуры и вибраций на витковую изоляцию обмоток асинхронных двигателей. В качестве объекта исследований была взята обмотка асинхронного двигателя, выполненная проводом ПЭТВ-*F*-35, диаметром 1,08 мм.

Исследование проводилось на макетах, представляющих собой статоретты. В пазы пакетов статоров укладывались попарно связанные проводники. С одной стороны лобовая часть обмотки была разрезана, и концы проводников зачищены.

Укладка обмотки в пазы статоров, пропитка и сушка обмоток производилась в полном соответствии с технологией изготовления обмотки двигателя АО2-32-4. Коэффициент заполнения паза составлял 0,82. В качестве пропитывающего состава использовался лак МЛ-92. Для обеспечения одновременного влияния на обмотку температуры и вибраций макеты обмоток помещались в термостат, установленный на вибростенде типа ST-1000.

В табл. 1 приведены уровни воздействующих факторов и время испытаний образцов изоляции.

Таблица 1

Время воздействия (час)	0	12				3			
Температура, °C	20	200				220			
Ускорение при вибрации, a g	0	0	3	6	9	0	3	6	9

Примечание: g — ускорение свободного падения, $g=9,8$ м/сек², частота вибраций 50 гц.

За критерий оценки качества изоляции была принята величина дефектности — вероятность появления пар проводников с изоляцией,

пробивное напряжение которой равно или меньше максимального пробивного напряжения воздуха в толщине, равной двойной толщине изоляции провода с учетом перекрытия по поверхности изоляции на расстояние не более 3 мм. Согласно экспериментальным данным это напряжение составляет 4,8 кв, следовательно, дефектность q определялась по выражению

$$q = \frac{n_{4,8}}{\sum n_i}, \quad (1)$$

где $n_{4,8}$ — число пар проводников, пробитых при $U \leq 4,8$ кв, $\sum n_i$ — суммарное количество испытанных образцов. Дефектность изоляции проводов после каждого опыта определялась по результатам пробоя изоляции 90—100 пар проводников макета на переменном напряжении, скорость подъема которого составляла 1 кв/сек.

Анализ распределения пробивного напряжения изоляции пар проводников, не подвергавшихся воздействиям (рис. 1, кривая 1), свидетельствует об отсутствии сквозных совпадающих дефектов.

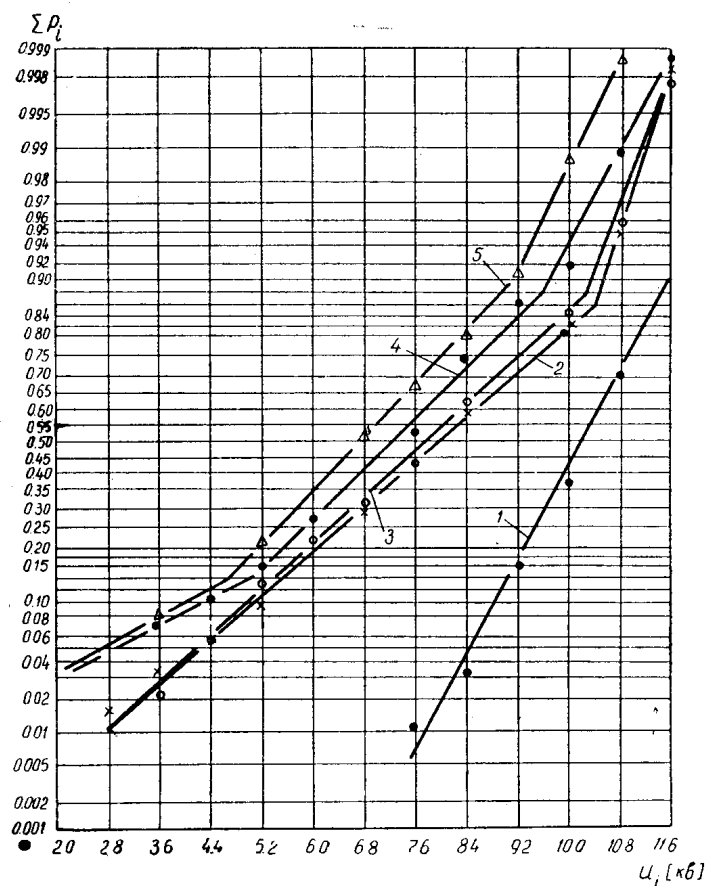


Рис. 1. Зависимость $\sum P_i$ от U_i при $t=220^\circ\text{C}$: 1 — $a=0g$ и $t=20^\circ\text{C}$; 2 — $a=0g$; 3 — $a=3g$; 4 — $a=6g$; 5 — $a=9g$

Распределение пробивного напряжения изоляции пар проводников после воздействия свидетельствует о росте числа дефектов в изоляции (рис. 1, кривые 2, 3, 4, 5). Наличие 2-х переломов в распределении $U_{пр}$ можно, по-видимому, объяснить наличием 3-х типов композиций изоляции двух соседних проводников.

Тип первый — изоляция обоих проводников имеет сквозные трещины, лежащие друг от друга на расстоянии < 3 мм. Пробивное напряжение таких пар $\leq 4,8$ кВ.

Тип второй — изоляция только одного из двух проводников имеет сквозное повреждение. Пробивное напряжение такой композиции лежит в пределах $4,8 \div 9,6$ кВ.

Тип третий — изоляция проводников не имеет сквозных дефектов. Пробивное напряжение композиции такого типа $> 9,6$ кВ.

На рис. 2 показана зависимость дефектности изоляции, найденной по формуле (1), от величины ускорения вибрации. Уровень дефектности

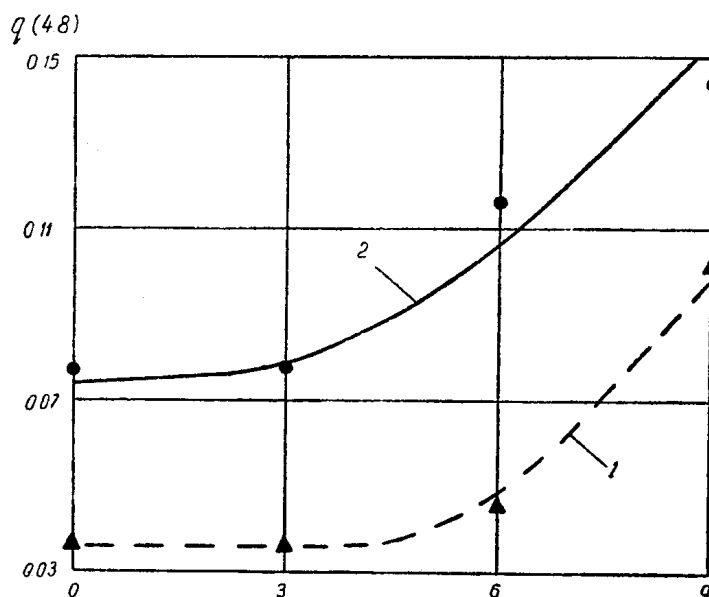


Рис. 2. Зависимость дефектности витковой изоляции от величины ускорения вибраций: 1 — 200°C ; 2 — 220°C

изоляции возрастает как с увеличением температуры, так и с увеличением ускорения при вибрации. Анализ результатов показывает, что при повышенной температуре влияние вибрации более существенно. При температуре 220°C возрастание уровня дефектности наблюдается при ускорении вибрации $3g$. В случае, когда температура составляет 200°C , значительный рост дефектности наблюдается при ускорениях $(4,5 + 5)g$. Последнее может быть объяснено повышенной вероятностью разрыва химических связей при повышенной температуре и более интенсивным дефектообразованием.

В работе определялась также скорость роста дефектности изоляции (V).

$$V = \frac{q_i - q_{20}}{t},$$

где

q_{20} — дефектность изоляции в исходном состоянии при $t = 20^\circ$ и $a = 0g$,

q_i — уровень дефектности изоляции после одновременного воздействия температуры и вибрации.

Таблица 2

Скорость роста дефектности 1/час	t °C	0	3	6	9
V	220°	0,00487	0,00493	0,0089	0,0119
	200°	0,003	0,003	0,00386	0,0088

В табл. 2 приведены значения скоростей роста дефектности при различных температурах и ускорениях вибраций.

Выводы

1. Дефектность изоляции увеличивается в $2,5 \div 3$ раза с увеличением ускорения вибраций от 0 до 9 g.
 2. Установлено, что вибрации незначительно влияют на дефектность изоляции при ускорении меньше 3 g.
 3. Уровень ускорения при вибрациях существенно влияет на скорость роста дефектности. Без воздействия вибрации скорость роста дефектности составляет: при 220° 0,00487 1/час; при 200° 0,003 1/час.
- При ускорении вибраций $a=9$ g скорость роста дефектности составляет: при 220° 0,0119 1/час, при 200° 0,0088 1/час.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. К. Митропольский. Техника статистических вычислений. «Наука», 1971.
2. Л. М. Бернштейн. Изоляция электрических машин общепромышленного применения. «Энергия», 1965.