

ВЛИЯНИЕ ПРОПИТЫВАЮЩЕГО СОСТАВА НА НАДЕЖНОСТЬ ВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Ю. П. ПОХОЛКОВ, В. И. ДЕРЕВЯНКО

(Представлена научным семинаром кафедры ЭИКТ)

Рост производства электродвигателей ведет к тому, что абсолютное число двигателей, вышедших из строя раньше гарантийного срока, постоянно растет. Поэтому исследование надежности и выявление причин ее повышения является важной задачей электромашиностроения. По статистике около 90% двигателей выходят из строя ввиду отказа витковой изоляции обмоток вследствие снижения среднего пробивного напряжения витковой изоляции обмоток в процессе эксплуатации из-за влияния многих факторов: температуры, увлажнения, коммутационных перенапряжений, вибраций и т. п.

Надежность изоляции определяется свойствами электроизоляционных материалов, к которым относится и пропитывающий состав. Пропитывающий состав замедляет процессы теплового старения и увлажнения изоляции, заполняет дефекты лакового покрытия проводов и т. д., что должно сопровождаться повышением надежности изоляции. В настоящее время для пропитки обмоток электродвигателей используются лаки 321-Т, МЛ-92, К-47К.

Основной целью данной работы явилось исследование влияния типа пропитывающего лака при применении разных диаметров обмоточных проводов и коэффициентов заполнения паза на надежность витковой изоляции асинхронных электродвигателей. При проведении экспериментов основной задачей является соответствие условий при испытаниях пропитывающих составов условиям работы данных составов в электрических машинах. Испытания проводились на модели, имитирующей расположение пары эмальпроводов в пазу двигателя (рис. 1) и представляющей собой две параллельные текстолитовые пластины, между которыми на равном расстоянии закреплялось 25 пар параллельных проводников, расположенных друг против друга. Каждая пара проводников имела искусственные повреждения изоляции в виде разрезов до меди по всей окружности, причем, повреждения располагались одно против другого. Расстояние между проводниками изменялось и фиксировалось с помощью прокладок из лавсана толщиной 0,05 мм и имеющих прорезы против дефектов, что соответствовало изменению коэффициента заполнения паза.

Перед испытанием на пробой закрепленные проводники подвергались пропитке одним из 3-х лаков: 321-Т, МЛ-92, К-47К. Пропитка и сушка проводились в соответствии с технологией, принятой на заводе

«Сибэлектромотор» для двигателей серии АО2. Испытания на пробой проводились на высоковольтной установке промышленной частоты. Образцы изготавливались из провода ПЭТВ- f -35, $d_{из} = 1,64$ мм.

Для определения зависимости электрической прочности пропитывающих составов от диаметров эмальпроводов была принята следующая методика. Предварительно на провода с диаметром по изоляции 0,83 мм, 1,16 мм, 1,28 мм наносились искусственные повреждения в виде кольцевых разрезов до меди. Пропитка и запечка образцов проводилась по заводской технологии. Испытания по определению электрической прочности лаков проводились на высоковольтной установке с применением плоского металлического электрода, что соответствует пробой 2-х плотно прилегающих проводников в пазу двигателя.

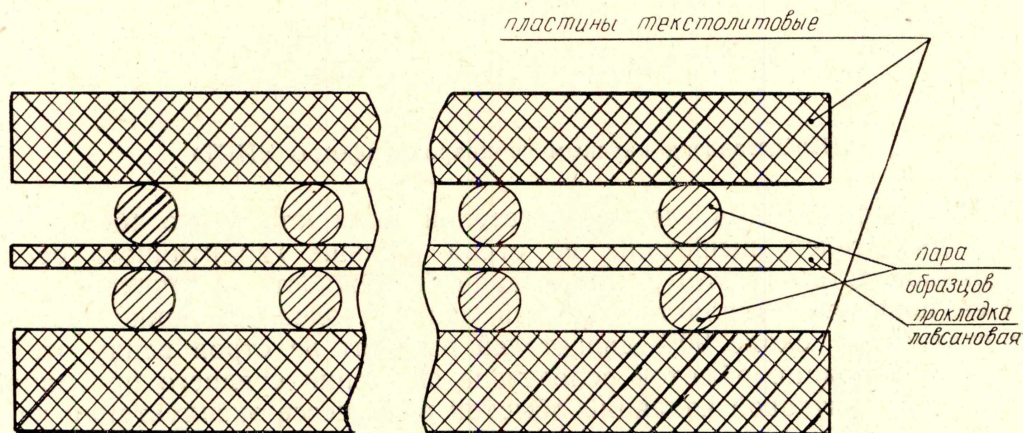


Рис. 1. Схема устройств для определения зависимости $E_{пр}$ от коэффициента заполнения паза

Результаты испытаний сведены в табл. 1. Оказалось, что с увеличением диаметра эмальпровода среднее пробивное напряжение, приходящееся на 1 мм толщины пропитывающего слоя, снижается. Это объясняется тем, что с увеличением диаметра провода увеличивается испытываемая доля кольцевого пореза, что приводит к увеличению вероятности выявления дефектов.

Таблица 1

Зависимость $E_{пр}$ пропитывающего состава от вида лака и диаметра провода, кв/мм

Диаметр провода по изоляции, мм	Лаки		
	321-Г	МЛ-92	К-47К
0,83	68,83	78,0	148,67
1,16	63,58	64,70	83,04
1,28	63,21	62,12	76,42
1,64	62,83	60,83	51,54

При рассмотрении зависимости среднего пробивного напряжения слоя пропитки от расстояния между проводами (табл. 2) замечена тенденция к снижению $\bar{U}_{пр}$ с увеличением расстояний, причем наиболее резко это выражено при расстояниях от 0 мм до 0,1 мм для лаков МЛ-92 и 321-Г. Это объясняется тем, что при расстояниях между проводниками, не превосходящих $0,2d_{из}$, образуются лаковые «мостики» между проводниками, практически полностью заполняемые лаком [2].

С увеличением расстояний между проводниками вероятность появления «мостиков» падает, происходит обволакивание проводников лаком каждого в отдельности, что приводит к снижению среднего пробивного напряжения промежутка. При расстояниях между проводниками от 0,1 мм до 0,2 мм $U_{пр}$ существенно не изменяется, так как, по-видимому, лаковые «мостики» не образуются; $\bar{U}_{пр}$ будет в основном характеризоваться толщиной слоя пропитывающего лака на эмальпроводе, а увеличение воздушного зазора между проводниками не приводит к существенному изменению $\bar{U}_{пр}$ промежутка. Разная степень зависимости $U_{пр}$ от расстояний между проводниками объясняется разной вязкостью пропитывающих лаков, так как с уменьшением вязкости уменьшается способность к образованию «мостиков», поэтому для расстояний, при которых «мостики» не образуются, пробивное напряжение характеризуется толщиной лаковых пленок, покрывающих проводники.

Таблица 2

Зависимость $\bar{U}_{пр}$ пропитывающего состава от вида лака и расстояния между проводниками, кВ

Вид лака	Расстояние между проводниками, мм		
	0,0	0,1	0,2
321-Т	6,21	5,43	5,41
МЛ-92	4,52	2,67	2,66
К-47К	3,67	3,65	3,66

По результатам испытаний была сделана попытка найти степень «непропитки», которую можно определить отношением числа участков, имеющих дефекты, но не заполненных лаком при пропитке, к общему числу дефектных участков в обмотке двигателя. В этом случае пропитка существенно «залечивает» дефектные участки, то есть пробивное напряжение пропитанного участка с дефектом приближается по величине к пробивному напряжению участков без дефектов.

Степень «непропитки» определялась для проводников $d_{из} = 1,64$ мм при расстояниях между ними, равных 0,2 мм, и выражалась отношением числа проводников, пробитых максимальным напряжением воздушного промежутка между проводниками к общему числу испытанных проводников:

$$p_{нп} = \frac{n_{из} + 3\sigma_{\sigma}}{\sum_{i=1}^n n_i}; U_{\sigma} + 3\sigma_{\sigma} \approx 2,5 \text{ кВ}$$

Результаты расчета сведены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость степени «непропитки» и надежности витковой изоляции (при $S=0,2$ мм) от вида лака и расстояния между проводниками (S , мм)

Вид лака	0,0	0,1	0,2	S , мм
				R_b^*
321-Т	0,0	0,04	0,04	0,993
МЛ-92	0,17	0,62	0,57	0,916
К-47К	0,34	0,30	0,32	0,947

* Теоретическая надежность витковой изоляции асинхронного двигателя АО2-32-Б в зависимости от степени «непропитки».

Расчет надежности витковой изоляции с учетом степени «непропитки», проведенный для двигателя АО2-32-6 согласно [3], показал, что наибольшей надежностью обладает двигатель, пропитанный лаком 321-Т, далее следуют двигатели, пропитанные лаками К-47К и МЛ-92.

Выводы

1. Предложена методика по определению электрической прочности пропитывающих составов в зависимости от диаметров обмоточных проводов и расстояний между ними. Результаты испытаний, полученные по предложенной методике, позволяют оценивать степень «непропитки» дефектов изоляции эмальпроводов и могут быть использованы для оценки надежности витковой изоляции обмоток асинхронных двигателей.

2. Оценена надежность витковой изоляции обмотки машины с учетом степени «непропитки» промежутка между проводниками в пазу машины.

3. Дана оценка трем лакам: 321-Т, МЛ-92, К-47К. Наиболее высокой надежностью в период приработки обладают обмотки, пропитанные лаком 321-Т.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. М. Бернштейн. Изоляция электрических машин общепромышленного назначения. «Энергия», 1965.

2. Л. М. Бернштейн. Сушка, пропитка и компаундирование обмоток электрических машин. «Энергия», 1967.
