

Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Л. Г. Рубо

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

с 1074850 ✓

6112.1
P826
БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 65

Л. Г. РУБО

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1962 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Васильев А. А., Долгов А. Н., Ежков В. В.,
Каминский Е. А., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

ЭЭ-3-3

В брошюре приводятся технические данные пропиточных и покровных лаков, а также эмалей и области применения каждого лака в отдельности.

Материал дает возможность эксплуатационному и ремонтному персоналу электрических станций, персоналу ремонтных цехов и мастерских в зависимости от условий, в которых электрическая машина эксплуатируется, выбирать соответствующий изоляционный лак.

Брошюра рассчитана на рабочих и техников, занятых ремонтом, восстановлением и модернизацией электрических машин и трансформаторов.

6П2.1.06 Рубо Леонид Григорьевич

Р 82 Изоляционные лаки и их применение.

М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.

48 с. с черт. (Б-ка электромонтера. Вып. 65)

6П2.1.06

Редактор Хвальковский А. В.

Техн. редактор М. М. Широкова

Сдано в набор 18/XI 1961 г.

Подписано к печати 12/I 1962 г.

Т-00114

Бумага 84×108¹/₃₂

2,46 п. л.

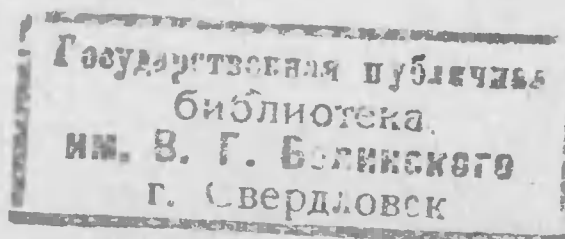
Уч.-изд. л. 2,7

Тираж 25 500 экз.

Цена 9 коп.

Заказ 658

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.



05947015

ВВЕДЕНИЕ

Применяемые битумно-масляные лаки представляют собой коллоидные растворы в органических растворителях битума с растительными маслами, а также лаки на масляной основе. Они обладают рядом положительных качеств: дешевы, изготавливаются из доступного сырья, имеют сравнительно хорошие изоляционные свойства и в какой-то мере удовлетворяют требованиям нагревостойкости.

Наряду с этим эти лаки плохо просыхают в толстых слоях изоляции обмоток, недостаточно их цементируют и под действием нагрева и центробежных усилий могут разбрызгиваться.

Масляные лаки, обладая хорошими электроизоляционными свойствами, менее гигроскопичны и их пленки не так подвержены размягчению при нагревах.

В настоящее время для пропитки обмоток, когда по условиям эксплуатации требуется их работа при повышенном нагреве (до 180°C), а также для обеспечения хорошего просыхания лаков в толстых слоях изоляции и хорошей цементации обмоток применяются терморезактивные органические и кремнийорганические лаки.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

К изоляции электрических машин предъявляется ряд технических требований, вытекающих из необходимости создания условий наиболее надежной работы машин в различных режимах эксплуатации.

Качественная пропитка обмоток изоляционными лаками удлиняет срок службы электрических машин, так как надежность изоляции машин определяется не только свойствами электроизолирующих материалов, но так-

же и качеством пропитки и применяемых при этом пропиточных лаков.

Пропитка значительно замедляет процесс теплового разрушения изоляции и ее увлажнения.

При пропитке лаком изоляции обмоток электрических машин теплоотдача от меди обмоток улучшается, что снижает общий перегрев машины, а значит, удлиняет срок безаварийной эксплуатации.

По ГОСТ 8865-58 предусматриваются следующие классы изоляции по нагревостойкости:

Класс изоляции	V	A	E	B	F	H	C
Нагревостойкость, °C	90	105	120	130	155	180	180 и более

Все волокнистые материалы из целлюлозы и шелка в непропитанном состоянии относятся к классу V и не могут применяться для изоляции электрических машин. Лишь после пропитки соответствующим пропиточным лаком эти материалы по нагревостойкости будут относиться к классу A и могут применяться как изоляционный материал.

Применяемые для пропитки и поверхностного покрытия обмоток изоляционные лаки делятся на:

- а) покровные;
- б) пропиточные;
- в) специальные.

К каждому из этих лаков предъявляются свои технические и эксплуатационные требования.

По режиму сушки лаки делятся на лаки горячей сушки (печной), требующие обработки при повышенной температуре, и лаки холодной сушки (воздушной), которые достаточно быстро сохнут на воздухе при окружающей температуре.

Более высокими изолирующими и механическими свойствами обладают лаки горячей (печной) сушки.

2. ПОКРОВНЫЕ ЛАКИ И ЭМАЛИ

Назначение покровных лаков и эмалей — создавать наружный защитный изоляционный слой, предохраняющий внутренние слои изоляции от внешних воздействий.

Покровные эмали представляют собой лаки с введенными в них пигментами — неорганическими наполнителями — с целью повышения механической прочности, теплопроводности или других дополнительных свойств (дугостойкости, влагостойкости) их пленок.

Покровные лаки и эмали воздушной сушки технологически более удобны для пользования, поэтому они и получили широкое применение, особенно при производстве ремонтных и профилактических работ.

Покровные лаки после их высыхания должны образовывать достаточно прочную механически, гладкую, плотную, блестящую лаковую пленку, которая при работе электрической машины не должна задерживать на своей поверхности грязи и пыли.

Пленки некоторых покровных лаков (нитролаков) хорошо противостоят действию бензина, минерального масла, окисляющему действию кислорода и окислов азота.

Другие покровные лаки (глифтале-масляные и масляно-битумные) образуют эластичные пленки, обладающие хорошей водостойкостью и стойкостью к окислителям. Глифталево-масляные лаки обладают, кроме того, и стойкостью к минеральным маслам, что особенно важно при покрытии лаком вращающихся электрических машин.

Для электрических машин, у которых разбрызгиваемое из подшипников масло может попадать на лобовые части обмоток, немаслостойкие покровные лаки применять не рекомендуется.

3. ПРОПИТОЧНЫЕ ЛАКИ

При пропитке обмоток электрических машин пропиточными изоляционными лаками электрическая прочность изоляции вследствие заполнения пор и капилляров возрастает.

Пропитка лаком требуется также для проводов с эмалевой изоляцией, так как при этом лаковая пленка пропиточного лака закрывает точечные повреждения эмалевого покрытия проводов.

Пропитка обмоток пропиточными лаками повышает механическую прочность изоляционных узлов и обеспечивает цементацию витков обмоток, чем предохраняет их от истирания при вибрации и при воздействии элек-

тродинамических усилий, имеющих место при пусках во время эксплуатации электрических машин.

Широко применяемые битумно-масляные лаки (447 и 458), масляные и водоэмульсионные (321В и 321Т и др.) по своей химической природе и нагревостойкости могут быть отнесены к классу изоляции А с предельной длительно допустимой рабочей температурой до $+105^{\circ}\text{C}$, а лак ГФ95 (1154) относится к классу Е с длительно допустимой рабочей температурой $+120^{\circ}\text{C}$.

Перечисленные лаки класса А, обладая высокими электрическими свойствами, в то же время плохо просыхают в толстых слоях изоляции и не обеспечивают достаточной цементации обмоток электрических машин при сравнительно низкой термоэластичности (теплостойкости).

В случае пропитки обмоток вращающихся частей электрических машин этими лаками под действием нагрева и центробежных усилий они разбрызгиваются из обмоток. Это объясняется тем, что перечисленные лаки в своей основе содержат высыхающие растительные масла, у которых процесс сушки идет с поверхности и не достигает глубинных слоев. В этом случае на поверхности лака образуется корочка, под которой лак продолжает оставаться в полужидком состоянии.

Лаки, относимые по нагревостойкости к классам В и Е, высыхают в толстых слоях и обладают хорошей цементирующей способностью при повышенных температурах. Например, лаки типа МЛ-92 (МГМ-16) просыхают в толстом слое, но имеют пониженную влагостойкость и невысокие диэлектрические свойства при повышенных температурах.

К пропиточным лакам относятся многие масляно-битумные, масляно-смоляные и некоторые смоляные, масляные и специальные лаки.

Исходя из условий, в которых работают электрические машины, к пропиточным лакам предъявляются различные технические требования, которым лаки удовлетворяют в различной степени.

Основные технические требования к пропиточным лакам. Пропиточные лаки в основном должны соответствовать следующим техническим требованиям:

а) Лак должен обладать достаточно малой вязкостью и хорошей пропитывающей способностью, для того чтобы

он мог быстро и глубоко проникнуть в поры пропитываемой изоляции.

б) Лак должен заполнять все капилляры и поры в пропитываемом материале.

в) Лак при пропитке обмоток не должен оказывать вредного воздействия на медь обмоточного провода.

г) Лаковая пленка должна относительно хорошо и прочно скреплять (цементировать) отдельные слои изоляции.

д) Лак (при соответствующей температуре сушки) должен достаточно быстро высыхать.

е) При длительной работе электрических машин с температурой обмоток, равной рабочей, лаковая пленка не должна терять своей эластичности и не должна размягчаться.

В результате пропитки лаком изоляция катушек обмотки, витки самих катушек и обмотка в целом должны быть достаточно сцементированы и в таком виде сохраняться длительно при эксплуатации.

Кроме того, слои изоляции после пропитки должны быть достаточно заполнены лаковой основой, что повышает их теплопроводность и нагревостойкость при одновременном уменьшении влагопоглощаемости.

Так как асфальто(битумно)-масляные лаки обладают малой цементирующей способностью как при температуре 20°C , так и при температуре 100°C и плохо просыхают в толстых слоях изоляции и глубине катушек обмоток, для наилучшего заполнения лаком изоляции обмоток и улучшения цементации элементов обмотки пропитку в этих лаках производят многократно (2—5 раз), что, однако, удлиняет технологический процесс сушки и пропитки обмоток.

Количество пропиток для данного типа электрической машины определяется:

а) условиями эксплуатации электрической машины и режимом ее работы;

б) требованиями к электрической прочности витковой и корпусной изоляции машины;

в) величиной допустимой температуры перегрева обмоток, учитывая при этом, что с увеличением числа пропиток температурный перегрев вначале уменьшается за счет повышения теплопроводности пор и пустот, заполняемых изоляционным пропиточным лаком; при чрез-

мерном увеличении числа пропиток температура перегрева может начинать увеличиваться из-за ухудшения теплоотдачи за счет чрезмерного повышения толщины слоя лака на лобовых и других частях обмоток.

Введение в лаки определенного количества меламинаформальдегидной смолы ускоряет процесс сушки как в тонких, так и в толстых слоях изоляции обмоток и в их глубине, хорошо цементируя их, уменьшая размягчаемость пленок лака при нагревании и устраняя выбрызгивание лака из вращающихся обмоток.

Меламинаформальдегидную смолу рекомендуется вводить в количестве 2—3% к весу сухого остатка лака в тех случаях, когда рабочая температура относительно невысока, и в количестве 10—15% в случае длительной работы при повышенных температурах.

Ниже приведено изменение свойств лаков № 447, 47, Л1100 и ГФ-95 при добавлении меламинаформальдегидной смолы.

Свойства	Лак 447		Лаки 47 и Л1100				Лак ГФ-95		
	Добавление смолы, %								
	Без смолы	15	Без смолы	5	10	15	Без смолы	10	15
Содержание нелетучих, %	40,3	41,6	40,4	40,6	40,8	41,0	—	—	—
Вязкость по вискозиметру ВЗ-4 при 20° С, сек	30	26	50	39	34	32	—	—	—
Время высыхания при 100—105° С, мин .	—	—	—	—	—	—	90	90	45
Пробивное напряжение, кв	—	—	—	—	—	—	87	—	93
То же после 24 ч пребывания в воде . .	—	—	—	—	—	—	44	—	49

Цементирующая способность лака № 447 в зависимости от содержания меламинаформальдегидной смолы приведена ниже.

Для пропитки изоляции классов А и Е обычно применяются масляно-битумные и масляные лаки. Для обмоток с изоляцией класса F наряду с кремнийорганиче-

Содержание смолы в лаке, %	Усилие вырывания проводника (кг) при нагреве до 160° С продолжительностью, сутки			
	0	10	20	40
0*	9,8	18,2	17,2	10,6
0**	2,1	12,7	12,3	6,7
15*	19,1	19,8	17,8	3,3
15**	9,8	6,4	17,3	4,6

* Температура испытания 20° С.

** Температура испытания 100° С.

скими лаками в последнее время начинают применяться также и специальные нагревостойкие органические лаки. Так, в ВЭИ разработан эпоксидно-полиэфирный лак ЭПК-1, полностью удовлетворяющий требованиям класса F. Завод ХЭМЗ для пропитки изоляции класса F применяет лаки МГМ-8 и 1261. Однако эти лаки не обеспечивают надежной работы пропитанной ими изоляции при температурах класса F в течение длительного периода эксплуатации. Для обмоток с изоляцией класса H применяются только кремнийорганические лаки.

Для обмоток, работающих в тяжелых условиях пуска, можно рекомендовать хорошо цементирующие лаки, к которым в первую очередь относятся терморезистивные лаки марок АФ-17, ФЛ-98 (АРБ-1) и КП.

Для пропитки быстроходных электрических машин рекомендуется применять терморезистивные лаки, а для машин, работающих в химически активной среде, наибольшую стойкость изоляции обеспечивает лак марки МЛ-92.

При применении кремнийорганических лаков для пропитки обмоток последние приобретают также и высокую влагостойкость.

Электрическая прочность изоляции обмоток зависит и от степени заполнения всех пор и воздушных пространств пропиточным лаком независимо от количества пропиток.

Поэтому для пропитки желательно применение маловязких лаков без растворителей или лаков, обладающих высокой пропитывающей способностью при сравнительно высоком содержании пленкообразующих.

Количество пропиток в лаках, имеющих малую вязкость при сравнительно высоком количестве нелетучих,

может быть сокращено по сравнению с количеством пропиток в лаках, допускающих пропитку при количестве нелетучих только до 40%.

При подборе пропитывающих лаков необходимо учитывать и характеристику материалов обмотки, особенно наличие эмалевой изоляции (ПЭВ и ПЭЛ).

Для пропитки обмоток, выполненных из эмальпроводов с нагревостойкостью по классам А, Е и В, рекомендуется наряду с другими лаками применять также и водоземulsionные лаки типа 321Т. Если для пропитки обмоток из эмальпровода применяются масляно-битумные и масляные лаки, то в качестве растворителя надлежит применять скипидар.

4. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОПИТОЧНЫЕ ЛАКИ

Ряду электрических машин приходится работать в тяжелых и исключительно тяжелых условиях эксплуатации. При этом эксплуатационные температуры намного превышают предельно допустимые температуры для органической изоляции. В этом случае ни один из нормально применяемых пропиточных лаков для работы электрических машин в нормальных условиях (даже в композиции со слюдой и стеклом) не обеспечит нормальной работы электрооборудования и не представит возможность в полной мере использовать особые свойства стекла и слюды, которые выдерживают длительное воздействие высоких температур (стекловолокно — до 300—400° С, слюда — до 600—800° С).

В таких случаях применение материалов на основе стекловолокна, слюды и специальных лаков в электромашиностроении дает возможность повысить рабочие температуры электрических машин, а при модернизации старых машин — увеличить их мощность или при той же мощности повысить надежность их работы в тяжелых и особо тяжелых условиях эксплуатации (повышенная влажность, высокая температура окружающей среды, частые перегрузки и пуски).

К специальным лакам относятся:

- а) кремнийорганические лаки;
- б) органические термореактивные лаки;
- в) лаки для создания полупроводящих покрытий на стержнях и катушках электрических машин напряжением выше 10 000 в;

г) специальные замазки, применяемые в качестве наполнителей при изоляции элементов обмоток и укладке их в пазы, а также для обмазки лобовых частей обмоток нормальных электродвигателей.

Специальные лаки могут быть как печной, так и воздушной сушки.

В качестве примера кремнийорганических лаков, применяемых для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов с длительно допустимой рабочей температурой до 180°C , следует указать на кремнийорганический лак ЭФ-3 (марок ЭФ-3БС и ЭФ-3БСУ), обладающий хорошей пропитывающей способностью, высокой нагревостойкостью и хорошей водостойкостью.

Вместо лака ЭФ-3 для пропитки в настоящее время начинают применяться и другие кремнийорганические лаки, в частности лак К-47.

Помимо различия в химическом составе, лаки ЭФ-3 и К-47 в основном отличаются друг от друга теплостойкостью (термоэластичностью).

Наименьшей теплостойкостью (термоэластичностью) обладает лак ЭФ-3.

Хотя все эти лаки относятся к классу изоляции Н, у которого предельно допустимая температура равна 180°C , все же для лака К-47 можно допустить рабочие температуры при кратковременных режимах работы $200\text{—}220^{\circ}\text{C}$.

Применение пропиточных лаков на основе кремнийорганических соединений требует, чтобы пропитываемые электроизоляционные материалы выдерживали длительную запечку (6—15 ч после каждой пропитки) при температурах не ниже 180°C , за исключением лака К-47, запечка которого в ряде случаев допускается и при температуре $150\text{—}160^{\circ}\text{C}$.

Запечка кремнийорганических лаков должна производиться ступенчато с постепенным подъемом температуры.

При применении органических и кремнийорганических терморезистивных лаков следует учитывать, что некоторые терморезистивные лаки по сравнению с обычными менее вязки и обладают хорошей пропитывающей способностью даже при высоком содержании пленкообразующих веществ.

Терморезактивные лаки (типа АРБ) хорошо просушают в толстых слоях изоляции, в глубине обмоток и достаточно их цементируют, даже при ограниченном доступе воздуха.

5. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАКОВ

Асфальто-масляные лаки применяются для пропитки и лакировки катушек обмоток с изоляцией классов А и В, когда не требуется повышенной цементации обмоток.

К этим лакам целесообразно добавлять (в ограниченном количестве) меламиноформальдегидную смолу.

Для пропитки обмоток с изоляцией повышенной нагревостойкости класса F целесообразно применять эпоксидно-полиэфирный лак ЭПК-1.

Терморезактивные лаки типа АРБ целесообразно применять для пропитки обмоток с изоляцией классов А и В, когда требуется повышенная цементация витков катушек вращающихся обмоток и возможен повышенный перегрев. Оптимальная концентрация нелетучих для данного лака 50—55%.

Эмаль марки СВД рекомендуется применять только для вращающихся обмоток класса А, а марки СПД — для вращающихся обмоток с изоляцией классов А, В и невращающихся классов В и F.

Кремнийорганические лаки и эмали рекомендуется применять в случаях исполнения изоляции обмоток электрических машин по классу Н или С, а также для классов изоляции В и F в тех случаях, когда к электрическим машинам предъявляются особые требования по надежности и безаварийности их работы в эксплуатации (металлургическое, крановое, тяговое и подобное им оборудование).

Лак МГМ-8 состоит из лаков ГФ-95 и МЛ-92, взятых в соотношении 1 : 1.

Лаки МГМ-8 и 1261 не обеспечивают надежной работы пропитанной ими изоляции при температурах класса F в течение длительного периода эксплуатации. Эти лаки применяет только завод ХЭМЗ. Другие заводы применяют или кремнийорганические лаки, или недавно разработанный эпоксидно-полиэфирный лак ЭПК-1.

Выбор пропиточного лака, оптимального числа пропиток и режима (температура и продолжительность) сушки определяется типом обмотки, классом изоляции, а также исполнением изоляции.

Количество пропиток выбирается в зависимости от вида исполнения изоляции. Меньшее количество пропиток производится для влагостойкой, а большее — для усиленно влагостойкой изоляции.

6. ХРАНЕНИЕ ЛАКОВ И ОБРАЩЕНИЕ С НИМИ

Для обеспечения стабильности изоляционных свойств лаков при их хранении должны строго соблюдаться следующие правила:

а) Температура помещения, в котором хранятся обычные изоляционные лаки, не должна быть ниже 8—10 и выше 25° С.

б) Во избежание улетучивания растворителя тара, в которой хранятся лаки, должна быть герметически закрытой.

в) Тара, в которой хранится лак, должна быть чистой, так как грязь не только портит внешний вид лаковой пленки, но и ухудшает ее диэлектрические и физико-механические свойства.

г) Лак, находящийся в пропиточном баке, необходимо периодически фильтровать для удаления грязи, вносимой в него вместе с изделиями, погружаемыми в бак для пропитки.

д) В процессе пропитки растворитель лака улетучивается, поэтому следует периодически проверять вязкость лака и разбавлять его соответствующим растворителем.

Не соответствующий данному лаку растворитель применять нельзя, так как это может привести к резкому изменению свойств лаковой пленки.

При разбавлении лака растворитель должен иметь ту же температуру, что и лак, и прибавляться небольшими порциями при тщательном размешивании до получения однородного состава.

Для кремнийорганических и термоактивных лаков условия хранения приведены в тексте для каждого номера лака в отдельности.

7. РАСТВОРИТЕЛИ (РАЗБАВИТЕЛИ) ЛАКОВ

В зависимости от технических требований к изоляции обмоток электрических машин применяемые изоляционные лаки доводятся до требуемой вязкости добавлением растворителей.

Для более глубокого проникновения пропиточного лака в поры изоляции обмоток электрических машин лак должен обладать малой вязкостью, а для более эффективной пропитки — содержать наименьшее количество летучих.

Пропиточный лак доводится до рабочей вязкости путем применения растворителей (см. табл. 1), основная роль которых и заключается в снижении вязкости лака до требуемого предела.

Масляные лаки удовлетворяют приведенным выше требованиям, так как процент летучих в них допустим ниже 40%.

Даже если для разжижения масляного лака его подогревать до соответствующей температуры без добавления растворителя, то при пропитке он будет медленно проникать в поры изоляции обмоток, а процесс сушки изоляции после ее пропитки будет протекать очень медленно.

Так как все растворители в большей или меньшей степени вредны (токсичны) для производственного персонала и весьма огнеопасны, то соблюдению правил тех-

Таблица 1

Технические данные растворителей

Наименование растворителя	Стандарт или технические условия	Температура вспышки, °C (не ниже)	Температура самовоспламенения, °C	Удельный вес не более, кг/см ³	Температура кипения, °C	Температура замерзания, °C
Бензин авиационный Б-70	ГОСТ 1012-54	—30	230—260	—	40—180	—60
Уайт-спирит	ГОСТ 3134-52	—25	230—260	0,76—0,79	140—200	—
Ксилол	ОСТ 10465-39	+23	500	0,85	137	—47
Бензол ¹	ГОСТ 8448-57	—15	580	0,8	80	+5
Толуол	ГОСТ 1930-56	+7	550	0,86	110	—95
Скипидар (масло терпентинное)	ГОСТ 1571-54	35	252	0,87	160	—
Сольвент	ГОСТ 1928-50	+21	—	0,87—0,91	120—180	—
Керосин	ГОСТ 1842-52	60	300	0,77—0,81	100—300	—
Ацетон	ГОСТ 2603-51	—9	430	0,79	55—57	—94
Этиловый спирт-ректификат, 95,5%	ГОСТ 5962-51	+12	404	0,788	78	—114
Этиловый спирт-сырец, 88%	ГОСТ 131-51	—	—	0,788	78	—
Спирт метиловый	ГОСТ 2222-54	6	475	0,795	64—67	—98

¹ Бензол применяется в исключительных случаях из-за его особой вредности для обслуживающего персонала.

ники безопасности и противопожарной безопасности должно быть уделено особое внимание, особенно в пропиточных отделениях и местах пропиток при производстве ремонтных и профилактических работ, а также в местах хранения растворителей.

Помимо приведенных в табл. 1, применяются в качестве растворителей бензин (ГОСТ 8505-57), толуол (ГОСТ 4809-49), реактивный ацетон (ГОСТ 2768-44), технический гидролизный спирт (ГОСТ 8314-57) и пр.

Растворитель, выделяясь в начале сушки из внутренней части обмоток, образует капилляры, через которые внутрь обмотки поступает необходимый для сушки воздух.

Для лучшего заполнения пор изоляции и проникновения лака в глубь обмотки, улучшения качества изоляции и создания хорошего внешнего вида пропитку обмоток иногда производят по 2—3 и более раз. После многократной пропитки сушка может протекать медленно. Причиной такого ненормального явления может быть затверждение лака в капиллярах на поверхности лаковой пленки, затрудняющее доступ воздуха внутрь обмотки.

При разбавлении лака растворителем следует учитывать, что выбор растворителя далеко не безразличен.

Так, например, для некоторых лаков в качестве растворителя хорошо применять бензол, между тем как при применении для этого случая бензина растворения лака в нем не произойдет, так как лак свернется, что приведет к потере им своих изоляционных свойств.

Разбавитель лака оказывает большое влияние также на скорость процесса сушки обмоток электрических машин при их пропитке и на строение затвердевшей пленки лака в целом.

В тех случаях, когда разбавителем лака является смесь отдельных разбавителей, последняя должна быть подготовлена заранее.

При поочередном разбавлении лака отдельными составляющими смесями может иметь место свертывание лака.

Разбавитель должен добавляться в лак небольшими дозами при тщательном перемешивании лака деревянной лопаткой, достающей до дна бака. При добавлении разбавителя его температура не должна резко отличаться от температуры разбавляемого лака.

Если лак по каким-либо причинам загрязнился, что может повлиять на его электроизоляционные свойства и ухудшить внешний вид лаковой пленки (что особенно важно для покровных лаков), его необходимо подвергнуть очистке.

Наиболее простым и надежным способом очистки лаков является отстаивание, заключающееся в том, что лак длительно выдерживается в баках-отстойниках, где с течением времени образуется плотный осадок, который после откачки или слива лака удаляется.

Чем выше температура лака, тем ниже его вязкость и тем легче происходит отстаивание взвешенных мелких частиц (грязи). Обычно температура помещения, в котором происходит процесс отстаивания лаков, должна быть в пределах $20 \pm 5^\circ \text{C}$. При температуре помещения ниже $+15^\circ \text{C}$ процесс отстаивания сильно замедляется из-за возрастания вязкости лака.

Отстаивание лака при окружающей температуре выше $+25^\circ \text{C}$ требует герметизации бака во избежание испарения растворителя.

8. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАЖНЕЙШИХ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ЛАКОВ

Электроизоляционные лаки в основном изготавливаются заводами химической и электротехнической промышленности.

Каждый завод электротехнической промышленности производимому им лаку присваивает номер.

Технические характеристики и области применения электроизоляционных лаков, применяемых для пропитки и поверхностного покрытия обмоток электрических машин, аппаратов и трансформаторов, приведены ниже.

Основные свойства покровных лаков даны в табл. 2.

ЛАКИ ПРОИЗВОДСТВА ЗАВОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Лак № 318 пропиточный печной сушки в основном применяется для пропитки обмоток электрических машин при их ремонте. Разбавителем лака служат толуол, бензол и ксилол. Сохнет лак при температуре $80-90^\circ \text{C}$ в течение 18 ч. Пленка лака немаслостойкая.

Лак № 447 пропиточный немаслостойкий печной сушки представляет собой смесь (в равных частях) лаков № 458 и 460. Применяется лак для пропитки волокнистой изоляции обмоток электрических машин и аппаратов, работающих в условиях повышенной влажности. Лак наиболее широко применяется для пропитки электрических машин и является промежуточным между лаками № 450 и 460. После сушки лак образует нагревостойкую эластичную пленку, обладающую высокими диэлектрическими свойствами и хорошей влагостойкостью.

В качестве растворителя применяются смесь уайт-спирита и ксилола, а также толуол и скипидар. При температуре 105°C лак сохнет в течение 6 ч.

При нагреве обмоток электродвигателей, пропитанных этим лаком, до температуры 130°C лак не разбрызгивается.

Цвет лака черный, а пленка после высыхания имеет блестящую и однородную поверхность без морщин.

Вязкость лака по вискозиметру ВЗ-4 при температуре плюс 20°C не менее 30 сек, а содержание пленкообразующих веществ не менее 40%.

Если в процессе применения лак загустеет, рекомендуется разбавлять лак толуолом, ксилолом или смесью одного из этих растворителей с уайт-спиритом в соотношении 1:1.

Лак целесообразнее разбавлять перед применением.

Лак № 458 масляно-битумный пропиточный ускоренной печной сушки. Этот лак широко применяется для пропитки обмоток электрических машин, отдельных секций машин постоянного и переменного тока, а также в случаях, когда требуется пропиточный лак быстрой печной сушки, где маслостойкость изоляции значения не имеет.

Рекомендуется этот лак применять для пропитки обмоток из эмалированного провода (в этом случае в качестве растворителя применяется только скипидар).

Цвет лака черный, а вид пленки после высыхания блестящий, однородный и без морщин.

Вязкость лака по вискозиметру ВЗ-4 при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ не менее 30 сек.

Растворителем лака служат уайт-спирит, ксилол, толуол и скипидар.

Лак обладает хорошей пропитывающей способностью, нагревостойкостью, противостоит действию влаги и кислот, но не маслостоек.

Лак № 460 пропиточный покровный печной сушки немаслостойкий.

По своим свойствам лак близок к лаку № 458. Как покровный лак применяется для отделки лобовых частей обмоток электрических машин и аппаратов.

Отличается лак повышенными электрическими свойствами, высокой влагостойкостью, теплостойкостью и хорошей пропитывающей способностью.

Обмотки вращающихся электрических машин, пропитанные этим лаком, не разбрызгивают его.

Пленка лака более эластична и более влаго- и теплостойка, нежели пленка лака № 458. Поэтому при необходимости иметь влагостойкую изоляцию поверх пленки лака № 458 рекомендуется наносить пленку лака № 460.

Растворителем лака служат толуол, ксилол, уайт-спирит, скипидар и бензин.

При загустении лака рекомендуется разбавлять его толуолом, ксилолом, сольвент-нафтой или смесью одного из этих растворителей с уайт-спиритом в соотношении 1 : 1. Разбавлять лак следует непосредственно перед началом пропитки.

Лак ГФ-95 (б. № 1154) светлый масляно-глифталевый, широко применяемый в производстве электрических машин и трансформаторов. Лак может применяться как пропиточный и как покровный; он обладает также сравнительно высокой клеящей способностью. Пленка лака светлая и прозрачная, прочная, относительно твердая, масло- и кислотостойкая, но маловлагостойкая.

Лак в основном применяется для пропитки обмоток электрических машин и трансформаторов, подвергающихся действию паров кислот и хлора.

В качестве растворителя и разбавителя применяются уайт-спирит и толуол (или бензин) в равных количествах.

Пленка лака ГФ-95 и других маслостойких лаков под воздействием горячего трансформаторного масла нередко размягчается, что в свою очередь резко снижает качество трансформаторного масла.

Для повышения качества пленки лака обмотку после пропитки следует подвергнуть интенсивной горячей суш-

ке (с хорошим доступом воздуха), сначала при температуре 60—70° С с последующим повышением температуры до 120—130° С, а к концу сушки — до 150° С.

Композиция лака ГФ-95 и лака на основе этерифицированной меламиноформальдегидной смолы сочетает в себе свойства глифталевого лака в отношении высокой пропитывающей способности, цементации обмоток, изоляционных качеств, маслостойкости и характерные свойства меламиноформальдегидной смолы в отношении повышения влагостойкости, быстроты запекания при более низкой температуре и высокой маслостойкости.

Такая композиция позволяет снизить температуру запекания катушек при одновременном повышении электрической прочности и влагостойкости пропитанной изоляции.

Добавление меламиноформальдегидной смолы значительно повышает твердость пленки и ее прочность на удар при сохранении достаточно высокой теплостойкости.

При добавлении меламиноформальдегидной смолы возможно и уменьшение времени запекания изоляции обмоток трансформаторов при температуре 80—90° С примерно в 3 раза.

Приготовление этого лака производится путем смешивания обычно применяемого лака ГФ-95 (№ 1154) с меламиноформальдегидной смолой в соотношении 15 частей меламиноформальдегидной смолы на 100 частей лака ГФ-95.

Растворителем меламиноформальдегидной смолы обычно является бутиловый спирт. В качестве растворителей могут быть применены также бензол, толуол и ксилол, применяемые при изготовлении лака ГФ-95.

Добавление смолы к лаку производится из расчета сухого остатка в лаке и смоле по формуле

$$A = 0,15 \frac{an}{B},$$

где A — количество меламиноформальдегидной смолы, необходимое для добавления к лаку ГФ-95 (№ 1154);

a — процент сухого остатка в лаке ГФ-95;

B — то же в меламиноформальдегидной смоле;

n — количество лака ГФ-95.

Пример. Имеются 500 кг глифталевого лака ГФ-95 с содержанием сухого остатка 70 % и меламиноформальдегидная смола с сухим остатком 60 %.

Требуемое количество смолы составит:

$$A = 0,15 \frac{an}{B} = 0,15 \cdot \frac{70 \cdot 500}{60} = 87,5 \text{ кг.}$$

Добавление смолы к лаку следует производить непосредственно в пропиточном баке.

Примечание. При добавлении новой порции лака ГФ-95 (№ 1154) количество добавляемой смолы берется только на это добавляемое количество лака ГФ-95; при этом не учитывается остаток лака в пропиточном баке.

Лаки № 321-В и 321-Т — водоэмульсионные.

Основа лака № 321-В изготавливается из смеси тунгового и льняного масел, а основа лака № 321-Т — на тунговом масле.

Лаки № 321-В и 321-Т невзаимозаменяемы: лак № 321-Т более нагревостоек и дает более глянцевую пленку. Эти лаки являются пропиточными.

Так как в этих лаках отсутствуют органические растворители, то они пожаро- и взрывобезопасны и не оказывают вредного влияния на эмалевую изоляцию обмоточных проводов.

Разбавителем этих лаков служит вода.

При печной сушке вода из этих лаков испаряется, а оставшаяся лаковая основа в процессе пленкообразования приобретает необходимые электроизолирующие свойства.

По сравнению с масляно-битумным лаком № 447 лаки № 321-В и 321-Т обладают повышенной цементирующей способностью и маслостойкостью, но уступают во влагостойкости.

По внешнему виду лаки представляют собой жидкость молочного цвета.

Водоэмульсионные лаки применяются для пропитки обмоток статоров и якорей электрических машин, катушек возбуждения и обмоток аппаратов с изоляцией класса А.

Обычно обмотки статоров и якорей пропитываются без предварительной сушки или с предварительным их подогревом до 60—80° С.

При пропитке обмоток рекомендуется устанавливать их в пропиточной ванне таким образом, чтобы лазы активной стали имели вертикальное или наклонное направ-

ление. Ввиду малой вязкости и хорошей пропитывающей способности водоэмульсионных лаков обмотки статоров и якорей электрических машин пропитываются (без применения вакуума) путем погружения их в пропиточную ванну на 20—30 мин.

После извлечения из пропиточной ванны обмотки выдерживаются в течение 20—30 мин на воздухе для стекания избытка лака, а затем подвергаются печной сушке.

Для ускорения процесса удаления воды из обмоток можно применить и предварительную вакуумную сушку при температуре 60—80°С в течение 1—3 ч при максимальном вакууме.

Обычно пропитку этими лаками производят 2 раза, а сушка пропитанных обмоток производится при температуре 120—130°С в течение 4—10 ч после первой пропитки (в зависимости от габарита изделий) и не менее 12 ч после второй пропитки; при этом в процессе сушки величина сопротивления изоляции контролируется.

Водоэмульсионные лаки № 321-В и 321-Т изготавливаются на месте их применения из соответствующей лаковой основы по специальной инструкции. Процесс изготовления лака заключается в эмульгировании лаковой основы в воде с небольшой добавкой аммиака и вспомогательного вещества ОП-10. Для выполнения процесса образования эмульсии требуется соответствующая мешалка (эмульсатор).

Изготовленные эмульсии обладают высокой стабильностью (не расслаиваются в течение 1 года), однако при длительном перерыве в работе лак в ванне перед применением необходимо тщательно перемешивать.

Хранить лаки следует в чистой герметически закрытой таре.

Для разбавления лаков применяется обычная водопроводная (питьевая) вода.

Лаки применяются с содержанием нелетучих 35—47% (в зависимости от типа обмоток).

Лак № 152 масляно-смоляной покровный печной и воздушной сушки. Иногда лак применяется и в качестве пропиточного. Используется лак в основном для покрытия лобовых частей роторов турбогенераторов, а также при срочных ремонтах обмоток электрических машин. Лак сравнительно маслостойкий. Сохнет лак при темпе-

ратуре 20° С в течение 24 ч, а при температуре 105° С — в течение 1 ч. Содержание нелетучих в лаке 45—53%. Пленка лака относительно стойка к действию минерального масла при нормальной температуре, но не отличается большой эластичностью. Разбавителем лака служит смесь уайт-спирита и ксилола в соотношении 1:5. Хранить лак следует в металлических или деревянных бочках, бидонах или стеклянных бутылках, предохраняя их от действия солнечных лучей.

Лак № 317 масляно-битумный покровный воздушной сушки немаслостойкий. Выпускается взамен лака №316. Сохнет лак при температуре 20° С в течение 12 ч. Разбавителями лака обычно служат бензин и толуол, а бензол применяется при срочных ремонтах электрических машин. Пленка лака — без отлипа, твердая, гладкая, глянцевая, без морщин и пузырей. По своим свойствам лак близок к лаку БТ-99 (462П), но по своим качествам уступает ему за счет пониженного содержания масла и повышенного — битума.

Лак № 1299 глифталево-масляный светлый горячей сушки с высокой теплостойкостью и маслостойкостью. Лак стоек к воздействию минерального масла, кислот и хлора. Применяется лак для отделочного покрытия изоляции электрических машин с изоляцией до класса F включительно и при изготовлении эмали СПД. Растворителем лака служит смесь равных частей уайт-спирита и толуола.

Лак № БТ-99 (б. 462п) представляет собой раствор сплава битума и масла в органических растворителях с добавлением сиккатива. Лак — воздушной сушки, влагостоек, но не маслостоек. Применяется лак для покрытия пропитанных обмоток электрических машин, пропитанных катушек, аппаратов с влагостойкой изоляцией, а также для покрытия отдельных деталей электрических машин и аппаратов, где не требуется маслостойкого покрытия.

Цвет лака черный, а пленка после высыхания блестящая, без морщин по всей поверхности. В лаке не должно быть механических примесей. Сохнет лак при температуре 18—22° С в течение 3 ч.

Растворителями служат толуол, ксилол, сольвент-нафта или смесь одного из этих растворителей с уайт-спиритом в соотношении 1:1.

Эмаль КВД изоляционная красная нитроглифталевая пигментированная воздушной сушки сохнет при температуре 20° С в течение 2—3 ч. Пленка эмали гладкая, твердая, без морщин, бензиностойкая, весьма маслостойкая и дугостойкая. Применяется эмаль для покрытия перед окончательной отделкой покровным лаком лобовых частей обмоток и изоляционных деталей электрических машин и аппаратов. Рекомендуется двукратное покрытие этой эмалью. Перед применением эмаль должна быть тщательно перемешана. Разбавителем эмали является смесь 2 частей толуола и 3 частей бутилацетата.

Эмаль СВД изоляционная пигментированная нитроглифталевая серая воздушной сушки. Применяется эмаль для покрытия лобовых частей обмоток и других деталей электрических машин и для отделки изоляционных деталей, где допускается только воздушная сушка. Эмаль СВД дает твердое, глянцевое, маслостойкое покрытие, стойкое к кратковременному воздействию электрической дуги и поверхностных разрядов.

Разбавитель эмали — смесь равных количеств уайт-спирита и толуола. Этой эмалью рекомендуется проводить двукратное покрытие. Перед применением необходимо эмаль тщательно размешать.

Эмаль СПД изоляционная нитроглифталевая дугостойкая печной сушки. В качестве разбавителя для доведения эмали до рабочей вязкости применяются толуол, ксилол и сольвент.

Применяется эмаль для покрытия обмоток электрических машин, полюсных катушек и для отделки разных изоляционных деталей, требующих твердого глянцевого масло- и дугостойкого покрытия.

Все эмали хранятся в плотно закрывающейся таре.

ЛАКИ, ЭМАЛИ И ЗАМАЗКИ ПРОИЗВОДСТВА ЗАВОДА «ЭЛЕКТРОСИЛА»

Лак № 26 битумно-масляный покровный холодной сушки. Применяется лак для лакировки и покрытия катушек обмоток и других частей электрических машин. Разбавителем лака служат толуол, ксилол и бензол. Лак должен быть однородным и не содержать взвешенных частиц и эмульсионных капель.

При температуре 20°C лак высыхает в течение 3—4 ч и дает блестящую, умеренно твердую пленку, обладающую значительной влагостойкостью и хорошими электрическими свойствами.

Электрическая прочность при температуре 20°C после сушки в течение 24 ч при температуре 20°C не менее 60 кВ/мм.

Лаки № 47 и 49 битумно-масляные пропиточные горячей сушки. Применяются для пропитки изоляции обмоток электрических машин и аппаратов. В качестве растворителя применяются: для лака № 47—ксилол и толуол, а для лака № 49—скипидар. Лак № 49 также применяется для пропитки катушек, выполненных из провода с эмалевой изоляцией. Высыхают лаки при температуре $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ в течение 3—5 ч и дают эластичную, влагостойкую, но не маслостойкую пленку с хорошими электрическими свойствами.

Лак № 59 битумно-масляно-смоляной пропиточный и покровный медленной горячей сушки. Применяется лак для пропитки и покрытия изоляции катушек обмоток и других частей электрических машин и аппаратов, придавая пропитанным узлам высокую влаго- и теплостойкость. Разбавителем лака являются толуол, ксилол и скипидар. Лак должен быть вполне однородным и не содержать взвешенных твердых частиц и эмульсионных капель. Сохнет лак при температуре $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ в течение 5 ч. При этом пленка получается гладкой, блестящей, эластичной, твердой, обладающей хорошей влагостойкостью и достаточной электрической прочностью, длительно сохраняющей термоэластичность. По маслостойкости пленка этого лака превосходит битумно-масляные, но уступает масляным и масляно-смоляным лакам.

Лак № 60 битумно-масляный пропиточный медленной горячей сушки. Аналогичен лаку № 460, выпускаемому заводами химической промышленности. Применяется для пропитки, а также для покрытия изоляции катушек обмоток электрических машин. Пропитанные изделия отличаются высокой влаго- и теплостойкостью. Разбавителем лака служат ксилол, толуол, скипидар и бензол. Лак должен быть вполне однородным и не должен содержать взвешенных твердых частиц и эмульсионных капель. Высыхает лак при температуре $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ в течение 7 ч. Лак уступает лаку № 59 по твердости и маслостойкости плен-

ки и превосходит по всем показателям лак № 47, но имеет по сравнению с ним повышенное время сушки. Пленка после сушки получается гладкой, блестящей и маслостойкой.

Лак № 61 масляно-смоляной пропиточный и цементирующий горячей сушки на тунговом масле. Применяется лак также для пропитки катушек из эмалированного провода в случае если в качестве растворителя содержит скипидар. Растворителем лака служат бензол и скипидар (скипидар предпочтительнее). Лак должен быть вполне однородным, не должен содержать взвешенных твердых частиц и эмульсионных капель. Время сушки при температуре $100 \pm 5^\circ \text{C}$ 5 ч. Пленка лака после сушки эластичная, гладкая, блестящая (по краям допускаются узоры), обладает хорошей влаго-, масло- и теплостойкостью и хорошими электрическими свойствами. В отличие от других масляных лаков пленка этого лака может сохнуть и твердеть также внутри слоев пропитанных катушек обмоток. Лак оказывает очень слабое воздействие на эмалевую изоляцию проводов.

Лак № 68 глифталево-масляный пропиточный и покровный горячей сушки. Применяется также для изготовления покровных эмалей. Разбавителем лака служат ксилол и толуол. Лак должен быть вполне однородным и не содержать взвешенных твердых частиц и эмульсионных капель. Сохнет лак при температуре $100 \pm 5^\circ \text{C}$ 4 ч, а при температуре 20°C — очень медленно, в течение 2—3 суток. После сушки пленка лака получается гладкой, блестящей, эластичной, масло- и нагревостойкой. Лаконная пленка обладает хорошей адгезией (прилипанием) к любым поверхностям, в том числе и к гладкому металлу, на котором она после сушки хорошо держится.

Лак № 11 масляно-смоляной покровной горячей сушки (огневой). Применяется лак для лакировки листов активной стали электрических машин. Разбавителем лака служит керосин. Лак должен быть вполне однородным и не должен содержать взвешенных твердых частиц и эмульсионных капель. Лак хорошо ложится на любые гладкие поверхности и после сушки прочно держится на них, образуя теплостойкое, масло- и влагостойкое покрытие.

Лак № 13. Этот лак имеет то же назначение, что и лак № 11, но дает менее твердую пленку.

Лак № 16 битумно-масляный горячей (огневой) сушки. Применяется для лакировки активной стали электрических машин. Этот лак сходен с лаками № 11 и 13, дает менее твердую, но зато более маслостойкую пленку, обладающую более высокими электрическими свойствами, особенно при повышенной температуре.

Лак № 42 битумно-масляный покровный и клеящий медленной воздушной или быстрой печной сушки. Применяется лак для покрытия пропитанной изоляции обмоток и других частей электрических машин, а также для подмазки микаленты при производстве изоляционных работ на заводе или ремонтных работ на местах. Разбавителем лака служат толуол и ксилол. После сушки лак дает блестящую пленку влагостойкую, но не маслостойкую и не теплостойкую.

Лак № 43 масляно-литопонный покровный горячей сушки. Применяется для защитного покрытия лобовых частей обмоток роторов турбогенераторов. Разбавителем лака служат уайт-спирит, скипидар, бензин и ксилол. Высыхает лак при температуре 100°C в течение 2 ч, а при 20°C в течение 24 ч. После сушки лак образует твердую, блестящую пленку светло-желтого цвета, обладающую хорошей нагревостойкостью, маслостойкостью и удовлетворительной влагостойкостью.

Лак № 51 масляно-смоляной покровный и клеящий быстрой горячей или медленной воздушной сушки. Применяется лак для защитного покрытия лобовых частей обмоток турбогенераторов, а также для пропитки и подклейки изоляции. В качестве растворителя лака применяются уайт-спирит и ксилол.

После сушки при температуре 100°C в течение 5 ч лак дает блестящую твердую маслостойкую пленку с хорошими электрическими свойствами.

Лак № 55 красный шеллачно-крокусный покровный быстрой воздушной сушки. Применяется лак для создания маслостойкого покрытия лобовых частей катушек обмоток крупных электрических машин до их покрытия черным покровным лаком. Разбавителем служит этиловый спирт.

Лак № 56 полупроводящий битумно-масляно-сажный покровный воздушной сушки. Применяется лак для по-

крытия изоляции на лобовых частях катушек обмоток статоров высоковольтных электрических машин и образования на изоляции полупроводящей пленки. Разбавителем лака служат толуол и ксилол. Лак содержит сажу, высыхает при температуре 20°C в течение 3 ч, создавая матовую, довольно твердую пленку, обладающую заметной поверхностной и объемной электропроводностью. Лобовые части катушек обмоток, будучи покрыты этим лаком, имеют сопротивление поверхностного слоя порядка $10^9\text{—}10^{11}$ ом.

Лак № 56а полупроводящий глифталево-масляный, пигментированный сажой, маслостойкий воздушной сушки. Применяется лак для получения полупроводящих покрытий на изоляции лобовых частей обмоток высоковольтных машин. Разбавителем лака является толуол.

Лак должен иметь равномерное тонкозернистое строение и не должен содержать твердых частиц заметно более крупных, чем зерна пигмента и эмульсионных капель.

Время сушки при температуре $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ — не более 3 ч. Пленка после сушки должна быть гладкой и полублестящей, а после сушки в течение 24 ч при температуре 20°C она должна быть и маслостойкой.

Удельное поверхностное электрическое сопротивление пленки при температуре $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ — около $10^6\text{—}10^8$ ом.

Лак № 57 битумно-масляно-сажный полупроводящий воздушной сушки.

Применяется лак для получения полупроводящих покрытий изоляции пазовых частей катушек статорных обмоток высоковольтных электрических машин. Разбавителем лака служит толуол.

Лак должен иметь равномерное тонкозернистое строение.

Сохнет лак медленнее лака № 56. После сушки пленка должна иметь гладкую матовую поверхность.

Удельное поверхностное электрическое сопротивление при температуре $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ — около $10^3\text{—}10^5$ ом.

Лак № 57а полупроводящий глифталево-масляный, пигментированный сажой, маслостойкий воздушной сушки. Применяется лак для получения полупроводящих покрытий на поверхности изоляции обмоток пазовых частей высоковольтных машин. Разбавителем лака является толуол. Лак должен иметь рав-

номерное тонкозернистое строение и не должен содержать твердых частиц заметно более крупных, чем зерна пигмента, а также эмульсионных капель. Пленка после сушки в течение 24 ч получается маслостойкой. Удельное поверхностное электрическое сопротивление пленки при температуре $20 \pm 5^\circ \text{C}$ — около 10^3 — 10^5 ом.

Лак № 58 бакелито-масляный (на тунговом масле) пропиточно-покровный медленной горячей сушки. Применяется лак для высококачественного, тепло-, влаго- и химически стойкого покрытия и пропитки катушек обмоток и других частей электрических машин и аппаратов. После сушки при температуре 100°C в течение 12—20 ч лак дает блестящую твердую эластичную пленку, обладающую высокой стойкостью против химически активных агентов воздействия, влаги, масла и тепла. По физико-механическим свойствам пленки и ее стойкости против внешних воздействий лак превосходит все другие покровные и пропиточные лаки. Недостатком этого лака является то, что он медленно сохнет.

Эмаль № 83 серая глифталево-масляно-литопонная покровная воздушной (холодной) сушки. Применяется для защитного покрытия поверхностей катушек различных обмоток, частей машин и аппаратов. При температуре 20°C эмаль сохнет в течение 7 ч, образуя блестящую эластичную маслостойкую и достаточно теплостойкую защитную пленку. После выдержки при температуре 80 — 100°C пленка приобретает твердость и достаточную влагостойкость. Пленка эмали хорошо держится на гладких поверхностях.

Эмаль № 96 серая глифталево-масляно-литопонная покровная горячей сушки. Применяется эмаль для защитного покрытия поверхности катушек обмоток, изоляции и других частей электрических машин. Разбавителем служат ксилол и толуол. Пленка, выдержанная в трансформаторном масле в течение 24 ч при температуре 100°C с последующей сушкой при температуре 100°C в течение 3 ч, не должна разрушаться. По своим свойствам эмаль аналогична эмали № 83, отличаясь от нее большей теплостойкостью.

Сиккатив № 37—раствор резината кобальта в скипидаре. Применяется для ускорения высыхания масляных, битумно-масляных лаков, эмалей и т. п. Растворителем служат скипидар и уайт-спирит. Раствор должен быть

однородным, прозрачным, без видимых механических примесей. Содержание нелетучих 25—30%.

Замазка № 18 — бакелито-тальковая замазка, применяемая как теплостойкий изоляционный, механически прочный заполнитель различных пустот и зазоров при изготовлении и укладке обмоток в пазы. После выпечки при температуре 100—120° С в течение 10—12 ч замазка приобретает большую твердость, прочность, теплостойкость и удовлетворительные электрические свойства.

Замазка № 20 — защитная замазка холодной сушки; применяется для обмазки лобовых частей обмоток статоров электродвигателей, работающих в ненормальных условиях окружающей атмосферы. Замазка представляет собой густотертую пасту черного цвета. После высыхания замазка должна быть твердой, не рассыпаться и не отставать от медных деталей.

Замазка № 21 — защитная замазка горячей сушки, представляющая собой густотертую пасту черного цвета. Применяется для обмазки торцов коллекторов электрических машин постоянного тока. Сушка замазки производится при температуре 100—105° С в течение 3 ч; после высыхания она становится твердой и не должна рассыпаться или отставать от медных деталей.

Талько-парафиновый смазочный состав (миканитовое мыло) № 25 применяется для смазывания стержней статорной обмотки при их укладке в пазы или при изготовлении микафолиевых гильз и пр. При температуре 20° С состав довольно тверд, а при нагреве до 30—40° С он становится мягким. Смазка, придавая поверхности катушек обмоток статоров скользкость, предохраняет их от механических повреждений при их укладке в пазы или пресс-формы.

Каучуко-вазелино-литопонная паста № 97. Применяется для уплотнения турбо- и гидрогенераторов с водородным охлаждением. Паста длительно не высыхает и представляет собой однородную, вязкую и липкую массу желтовато-серого цвета. Паста относительно мало меняет свою вязкость при нагреве в пределах 60—70° С. В качестве разбавителя этой пасты применяются бензол и толуол.

Ниже дан перечень лаков производства завода «Электросила», которые могут взаимно заменяться.

№ лака	№ лака-заменителя	№ лака	№ лака-заменителя	№ лака	№ лака-заменителя
11	13, 16	19	18	49	+61
13	11, 16	43	96, 83	59	—60, —47
16	11, 13	47	+59, +60, 49	61	—49
18	19				

Примечания: 1. Знак (+) около номера лака-заменителя означает, что заменитель по качеству лучше заменяемого.

2. Знак (—) около номера лака-заменителя означает, что заменитель по качеству хуже заменяемого.

3. Отсутствие знака около лака-заменителя означает, что данный лак-заменитель по своим качествам равноценен заменяемому лаку.

4. Для каждого заменяемого лака номера лаков-заменителей расположены, начиная с лучшего по качеству.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ ПРОИЗВОДСТВА ХЭМЗ

Лак Л1100 асфальто-масляный горячей сушки применяется для пропитки катушек обмоток электрических машин. Сохнет лак при температуре 110—130°С. Внешний вид пленки после сушки — блестящий, без морщин. В качестве разбавителя лака применяются бензол, толуол и ксилол. Применяется для пропитки машин нормального исполнения.

Лак Л1120 асфальто-масляный горячей сушки. Применяется лак для пропитки катушек обмоток, намотанных эмалированным проводом. Сохнет лак при температуре 110—130°С. В качестве разбавителя применяются скипидар, бензин и уайт-спирит. Лак стоек против масла, разбрызгиваемого из подшипников. Применяется лак для пропитки машин нормального исполнения.

Лак Л1250 глифталево-масляный печной сушки. Применяется лак для пропитки катушек и обмоток, работающих в масле, а также обмоток, от которых требуется повышенная термостабильность. Температура сушки 110—130°С. Пленка после сушки гладкая, прозрачная, блестящая, маслостойкая. В качестве разбавителя применяются толуол и бензол.

Лак Л1260 глифталево-масляно-меламиновый печной сушки. Применяется лак для пропитки катушек обмоток, работающих в масле, а также катушек, обмоток, от которых требуется повышенная теплостойкость. Сушка лака производится при температуре 110—150°С. В качестве разбавителя применяют толуол и бензол.

Лак Л1261 глифталево-масляно-меламиновый печной сушки. Применяется лак для пропитки катушек обмоток электрических машин в маслостойком исполнении. Температура сушки 110—150° С. В качестве разбавителя лака применяются толуол и бензол. Пленка лака гладкая, прозрачная, блестящая.

Лак Л2320 асфальто-масляный воздушной сушки. Применяется лак для изоляционных покрытий лобовых частей катушек. Покрытие лаком производится пульверизацией, погружением или нанесением кистью; сушка производится при температуре 110—130° С, пленка лака высыхает при температуре 20° С в течение 3—7 ч.

Лак Л2252 светлый глифталево-масляный покровный печной сушки с высокой тепло- и маслостойкостью сохнет при 110—130° С. Пленка лака стойка к воздействию горячего минерального масла.

Разбавителем лака служит смесь равных частей уайт-спирита и толуола. Пленка лака гладкая, блестящая, без морщин и пузырей.

Лак Л2463 пигментированный глифталево-масляный воздушной сушки. Применяется для покрытия неподвижных изоляционных деталей и невращающихся обмоток.

Пленка лака высыхает при температуре 20° С в течение 24 ч; для ускорения процесса сушки можно повышать температуру сушки, но не выше 80° С.

Поверхность пленки гладкая, блестящая, без морщин и пузырей.

Пленка маслостойка. Покрытие деталей лаком производится пульверизацией, погружением в пропиточную ванну или нанесением кистью.

Разбавителем лака служит смесь равных частей уайт-спирита и толуола.

Лак Л2110 по своим свойствам близок к лаку № Л1100, но дает более эластичную и более влаго- и нагревостойкую пленку. Сохнет при температуре 110—130° С. В основном лак применяется как покровный поверх пленки лака № Л1100 или 458 в тех случаях, когда от изоляции требуется влагостойкость.

Растворители — уайт-спирит, скипидар и бензин.

Лак Л2260 пигментированный глифталево-масляный печной сушки. Применяется для покрытия неподвижных и вращающихся обмоток электрических машин с целью получения механически прочного и твердого покрытия,

стойкого к действию минеральных масел. Сохнет лак при температуре 110—130°С. Пленка имеет гладкую, блестящую поверхность, без морщин и пузырей. В толстом слое лак высыхает медленно, после недостаточной сушки может разбрызгиваться, поэтому лучше наносить его в несколько приемов с сушкой после наложения каждого слоя. Перед употреблением лак следует тщательно перемешивать. Разбавителем лака служит смесь равных частей уайт-спирита и толуола.

Лак Л9000 асфальто-масляный сажный покровный воздушной сушки. Применяется лак для наружного покрытия пазовых частей катушек и стержней высоковольтных обмоток и создания полупроводящей пленки с целью устранения коронирования. Пленка лака гладкая, однородная.

Удельное поверхностное сопротивление пленки при $20 \pm 5^\circ \text{C}$ — около 10^3 — 10^5 ом. Покрытие лаком производится методом пульверизации или кистью. Перед употреблением лак должен быть тщательно перемешан.

Лак Л9001 асфальто-масляный сажный покровный воздушной сушки. Применяется для наружного покрытия лобовых частей катушек и стержней высоковольтных машин и создания полупроводящей пленки с целью устранения явления коронирования. Покрытие лаком производится кистью (предпочтительнее) или пульверизацией. Поверхность лаковой пленки гладкая, однородная.

Удельное поверхностное сопротивление пленки при температуре $20 \pm 5^\circ \text{C}$ — около 10^6 — 10^8 ом.

9. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ЛАКОВ

ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЛАКИ

Лак МЛ-92 (МГМ-16) — пропиточный. Он представляет собой смесь алкидного лака ГФ-95 (№ 1154) и меламиноформальдегидной смолы в растворе бутанола марки К-421-02.

В толстых слоях катушек обмотки лак хорошо просыхает и цементирует ее. Лак влаго- и маслостоек и может быть использован для пропитки обмоток электрических

машин, аппаратов и трансформаторов с изоляцией классов А и Е. До пропитки изделия должны подвергаться сушке при температуре 120—130° С, а по извлечении их из пропиточной ванны выдерживаться на воздухе для стекания излишнего лака. Сушку производят в два приема: при температуре 80—105° С—в течение 3 ч для удаления летучих растворителей и при 120—130° С—для запечки. После первой и второй пропиток сушка производится в течение 8—10 ч, а после третьей пропитки (если потребуется) — в течение 10—16 ч и более в зависимости от габарита изделий. Разбавляется лак смесью толуола или ксилола с уайт-спиритом в соотношении 1 : 1. При разведении лака разбавитель должен добавляться небольшими порциями при непрерывном перемешивании лака. Температура лака и разбавителя должна быть одинаковой.

Лак ФЛ-98 (АРБ-1)—термореактивный в толстом слое и в глубине обмоток хорошо высыхает. В запеченном состоянии обладает высокой цементирующей способностью, влаго- и маслостойкостью. Применяется для пропитки обмоток электрических машин с классом изоляции А, В и Е, работающих в тяжелых режимах эксплуатации (прокатное, крановое и подобное им электрооборудование), а также для электроизоляционных замазок. Разбавителем лака является смесь уайт-спирита и ксилола в соотношении 1 : 1. До пропитки изделия должны быть тщательно очищены от грязи и жира и просушены при температуре 105—120° С.

Лак АФ-17 — термореактивный, хорошо просыхает в толстом слое и во всей глубине обмоток. В запеченном состоянии обладает повышенной цементацией, влаго- и маслостойкостью. Лак может быть применен для пропитки вращающихся и невращающихся обмоток электрических машин и катушек аппаратов с изоляцией классов А, В и Е. До пропитки изделия должны подвергаться сушке при температуре 120—130° С. Для стекания излишнего лака изделия после пропитки выдерживаются на воздухе, а затем помещаются в печь. Сушка производится в два приема: первая сушка при температуре 80—105° С, во время которой удаляются все летучие растворители, и вторая — при температуре 120—130° С в течение 16 ч. Лак при длительном хранении не меняет свои свойства. Цвет лака светло-коричневый, вязкостью 40—

70 сек по вискозиметру ВЗ-4 при температуре 20° С. В пропиточных ваннах лак следует ежемесячно фильтровать. Так как после очистки, а также в процессе пропитки концентрация его меняется из-за улетучивания растворителя, его вязкость или концентрацию следует систематически контролировать. Разбавитель лака—ксилол — прибавляется малыми дозами при постоянном перемешивании и одинаковой температуре лака и растворителя. Хранить лак следует в чистой герметически закрывающейся посуде при температуре не ниже 0 и не выше +30° С, предохраняя его от прямого попадания солнечных лучей.

КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ЛАКИ

Лак ЭФ-3 в зависимости от показателя теплостойкости выпускается двух марок: ЭФ-3БС и ЭФ-3БСУ. Лак имеет темно-коричневый цвет и может быть применен для пропитки подвижных и неподвижных обмоток электрических машин и аппаратов с изоляцией класса Н. Для пропитки обмоток электрических машин, работающих в особо тяжелых условиях (повышенные нагревы, влажность и пр.), рекомендуется применять лак марки ЭФ-3БСУ. Перед пропиткой изделия должны быть очищены от грязи и жиров и высушены при температуре 160—180° С. После извлечения изделий из пропиточной ванны они должны выдерживаться на воздухе до стекания излишнего лака и погружаться в сушильную печь. Сушку производят в два приема:

сушка при температуре 80—120° С для удаления летучих растворителей;

запечка и обеспечение требуемых качеств лаковой пленки (влагостойкость и др.) при температуре $185 \pm \pm 5^\circ \text{С}$.

В зависимости от габаритов изделий продолжительность каждой сушки равна 8—12 ч.

Если от изоляции требуется повышенная влагостойкость, пропитка производится 3—5 раз.

Ускоритель высыхания лака поставляется вместе с лаком в отдельной таре и вводится в лак перед его применением.

При длительном хранении лака, разбавленного ускорителем высыхания, особенно при повышенных температурах его хранения, может иметь явление его сворачи-

вания, поэтому ускоритель следует вводить в лак непосредственно перед его использованием в производстве из расчета 6% сухого остатка ускорителя на сухой остаток лака.

После введения ускорителя в лаки ЭФ-3БС и ЭФ-3БСУ во избежание образования в них хлопьевидного осадка рекомендуется дать лаку отстояться в течение 10—12 ч, после чего следует лак слить или профильтровать его через матерчатый фильтр.

Лак следует хранить в чистой, герметически закрытой таре (стеклянная, бочка из оцинкованного железа и др.) при температуре не ниже 0 и не выше +30°С, предохраняя его от прямого попадания солнечных лучей. Лак, находящийся в пропиточных ваннах, следует периодически (1 раз в месяц) фильтровать через ткань или проволочную сетку.

Для разбавления лака применяется смесь бензина и скипидара в соотношении 1:1; при этом следует прибавлять разбавитель небольшими порциями, непрерывно перемешивая. Температура разбавителя должна быть такой же, как и температура лака.

Лак К-47 кремнийорганический имеет высокие нагревостойкость, диэлектрические свойства и твердость. После соответствующей термической обработки при температуре 160—200°С пленка лака становится влагостойкой.

Применяется лак для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов с классом изоляции Н, длительно работающих при температурах до 180°С или в условиях повышенной влажности. По внешнему виду лак представляет собой однородный прозрачный раствор светло-коричневого цвета. Растворителем лака служит этилцеллозольв, обладающий низкой летучестью, почему и сушить лак следует под вакуумом. Растворитель (разбавитель) лака этилцеллозольв добавляется небольшими порциями при постоянном перемешивании. Температура разбавителя должна соответствовать температуре лака.

КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ ПОКРОВНЫЕ ЭМАЛИ

Эмаль ПРКЭ-13 теплостойкая покровная эмаль печной сушки — предназначена для покрытия лобовых частей секций обмоток и полюсных катушек электрических ма-

шин, работающих при температуре 180°C или при повышенной влажности.

Эмаль обладает высокой нагревостойкостью.

После термической обработки при температуре $185 \pm 5^{\circ}\text{C}$ пленка становится влагостойкой.

Не рекомендуется применять эмаль в случаях, когда на лобовые части возможно попадание смазочных масел. Эмаль методом пульверизации наносится на лобовые части обмоток и на полюсные катушки, пропитанные лаком марок ЭФ-3БС и ЭФ-3БСУ. Во избежание появления трещин на поверхности эмали покрываемые изделия не должны иметь натеков лака и утолщений лаковой пленки.

Ускорителем высыхания эмали служит сиккатив № 64Б, добавляемый в ее состав в количестве 5,5% к лаковой основе.

Эмаль поставляется без ускорителя высыхания, который вводится в эмаль только перед ее употреблением. Разбавителем эмали служит толуол.

После покрытия изделий эмалью их выдерживают на воздухе до стекания излишней эмали (примерно 2—3 ч), а затем погружают в сушильную печь. Сушку и запекание производят при температуре $185 \pm 5^{\circ}\text{C}$, а длительность запекания зависит от размеров машин или деталей и составляет 12—24 ч.

При длительном хранении эмали на складе или в цехе она должна быть подвергнута повторному испытанию на диэлектрическую прочность в сроки:

- а) без ускорителя высыхания — через 6 мес.;
- б) с ускорителем высыхания — через 1 мес.

При добавлении разбавителя — толуола — его следует прибавлять малыми порциями при непрерывном перемешивании. Температура толуола должна соответствовать температуре эмали.

Вязкость эмали по вискозиметру ВЗ-4 при 20°C должна быть не менее 20 сек, а содержание нелетучих — не ниже 60%.

Эмаль ПКЭ-14 — теплостойкая покровная. Предназначается для покрытия кистью или пульверизатором лобовых частей обмоток электрических машин специального назначения, длительно работающих при температуре 180°C или при повышенной влажности. Эмаль имеет высокую нагревостойкость. Пленка эмали после соответ-

ствующей термической обработки при температуре 180—190° С становится влаго- и маслостойкой. Перед употреблением эмаль разбавляется толуолом до вязкости 20—25 сек по вискозиметру ВЗ-4 при температуре 20° С. Покрытие эмалью производится равномерным слоем толщиной не более 50—60 мк; слой должен быть без натеков и наплывов. Рекомендуется покрытие эмалью производить при нагретых обмотках до температуры 40—50° С. После покрытия эмалью детали выдерживаются в течение не менее 1 ч при температуре 20° С, а затем помещаются в сушильную печь для сушки. Вначале сушку

Ориентировочная длительность сушки, ч

Температура сушки, °С	Неподвижные узлы и детали, размеры		Вращающиеся части машин, размеры	
	мелкого и среднего	крупного	мелкого и среднего	крупного
110—120	2	4	2	4
185±5	10	12	16	18

производят при температуре печи 110—120° С, а затем при температуре 185±5° С. Режим печной сушки зависит от габаритов и назначения изделий.

Если для данной обмотки или детали однократная пропитка или покрытие окажутся недостаточными, следует произвести повторное полное или частичное покрытие. При двукратной пропитке или покрытии сушки первого слоя при температуре 185±5° С производить не следует.

Если при хранении эмаль загустеет, ее следует разбавить толуолом до требуемой вязкости, добавляя его небольшими порциями при непрерывном перемешивании. Температура разбавителя должна соответствовать температуре эмали.

Эмаль ПКЭ-15 —теплостойкая покровная. Обладает высокой нагревостойкостью и хорошими диэлектрическими свойствами. Пленка эмали по сравнению с пленкой эмали ПКЭ-14 менее стойка к воздействию минеральных масел и обладает меньшей твердостью. Используется эмаль для изоляционного покрытия различных уз-

лов и деталей с изоляцией класса Н, работающих длительно при температуре 180°C или в условиях повышенной влажности, в тех случаях, когда не предъявляются повышенные требования в отношении твердости и маслостойкости пленки. Наносится эмаль пульверизатором после предварительной пропитки изделий лаком. Покрытие эмалью производится равномерным слоем, без наплывов и натеков, после предварительного подогрева изделий до температуры $40\text{—}50^{\circ}\text{C}$. Покрытые эмалью изделия выдерживаются в течение не менее 1 ч при температуре 20°C , а затем изделия помещаются в сушильную печь с рециркуляцией воздуха для сушки. Сушка производится в два приема: сначала при $110\text{—}120^{\circ}\text{C}$ 2—3 ч, а затем при $185\pm 5^{\circ}\text{C}$ в течение 6—10 ч. Если однократное покрытие окажется недостаточным, производят повторное (полное или частичное) покрытие и в этом случае сушка первого слоя при температуре $185\pm 5^{\circ}\text{C}$ не производится.

Перед употреблением эмаль разбавляется толуолом до вязкости 20—25 сек по вискозиметру ВЗ-4 при 20°C . Хранить эмаль следует в сухом, темном и отапливаемом помещении в герметически закрытой таре при температуре $0\text{—}30^{\circ}\text{C}$.

Эмаль ПКЭ-19 теплостойкая покровная низкотемпературной сушки. Предназначается эмаль для покрытия лобовых частей катушек обмоток и других узлов и деталей электрических машин с изоляцией класса Н, работающих при температуре 180°C или в условиях повышенной влажности, в тех случаях, когда требуется термическая обработка изоляции при пониженной температуре ($120\text{—}125^{\circ}\text{C}$). Эмаль обладает высокой нагревостойкостью и тропикоустойчивостью.

По сравнению с пленкой эмалей ПКЭ-14 и ПКЭ-15 пленка эмали ПКЭ-19 имеет повышенные твердость и маслостойкость. Применяется эмаль с добавлением ускорителя высыхания — сиккатива № 63.

Ускоритель высыхания вводится в эмаль перед употреблением в количестве 1,75—2% (расчет по сухому остатку эмали и ускорителя), тщательно перемешивается и сразу разбавляется толуолом до вязкости 20—25 сек по вискозиметру ВЗ-4 при 20°C .

В зависимости от размеров детали в печи сушатся при температуре $120\pm 5^{\circ}\text{C}$ в течение 12—18 ч.

Таблица 2

Основные свойства отдельных покрытых лаков

Свойства	БТ-99, № 26, Л2320	№ 317, 68, Л2250	Эмаль ПКЭ-14	Эмаль ПКЭ-15	Эмаль ПКЭ-19	Л9000, № 56	Л9001, № 56 а
Нелетучих, %	38	—	50	60	60	60	—
Вязкость по ВЗ-4, сек	30—60	—	40	40	60	60—100	40—70
Температура высыхания, °С	18—22	18—22	200	200	120	20±5	20±5
Время высыхания, ч	3	12	3	2	2	2	2
Растворитель	Толуол, кси- лол, сольвент	Толуол, бензин	Толуол	Толуол	Толуол	Толуол, ксилол	Толуол, ксилол
Электрическая прочность, кВ/мм:							
а) при 20° С	50	30	40	40	40	—	—
б) " 180° С	—	—	16	16	16	—	—
в) после 24 ч пребывания в воде	12	—	—	—	—	—	—
г) после 24 ч пребывания в атмосфере с 98% относительной влажностью	—	—	16	16	16	—	—

Примечание. Лаки в графах 2, 3, 7 и 8 производства химических заводов, завода „Электросила“ и ХЭМЗ.

Покрытие эмалью обычно производится 1 раз; при этом желательно предварительно покрываемые эмалью детали подогреть до температуры 40—50° С. Если однократное покрытие окажется недостаточным, покрытие производят повторно полностью или частично.

Эмали ПВЭ-6 и ПВЭ-7 предназначены для покрытия и ремонта лобовых частей секций обмоток, катушек и других узлов и деталей электрических машин и аппара-

Таблица 3

Таблица взаимозаменяемости пропиточных лаков производства заводов химической промышленности, „Электросила“ и ХЭМЗ

Лаки производства заводов		
химической промышленности	„Электросила“	ХЭМЗ
№ 458.	№ 60	Л1100
№ 447	№ 47	Л1100
№ 460	№ 60	Л2110
БТ-99	№ 26	Л2320
КВД	№ 93	Л2464
СВД	№ 83	Л2463
СПД	№ 96	Л2260
ГФ-95	—	Л1250
Л1229	№ 68	Л2252
Сажевый полупроводящий	№ 56	} Л9000
	№ 56 а	
	№ 57	} Л9001
	№ 57 а	

тов с рабочей температурой до 180° С. Применяются эмали в сочетании с отвердителем (полиэтиленполиамин, ВТУ 26-56).

Разбавителем эмалей служит толуол.

Продолжительность полного высыхания пленки эмали при температуре 18±5° С — не более 24 ч. Удельное объемное сопротивление пленки эмали:

в исходном состоянии — не менее 10¹² ом·см;

после пребывания в атмосфере с 95±3% относительной влажности в течение 24 ч — не менее 10¹⁰ ом·см.

10. ПРИМЕНЕНИЕ ВИСКОЗИМЕТРА ВЗ-4 (ГОСТ 8420-57)

1. Вискозиметр ВЗ-4 предназначен для определения вязкости лаков и эмалей и представляет собой пластмассовую воронку емкостью 100 см^3 . Верх цилиндрической части имеет желоб для слива избытка испытываемого материала. В нижней части укреплено сопло диаметром $4\pm 0,02$ и высотой $4\pm 0,1\text{ мм}$.

2. Испытываемые лак или эмаль тщательно перемешивают, доводят до температуры $20\pm 2^\circ\text{С}$ и оставляют стоять в течение 5—10 мин для выхода пузырьков воздуха. При наличии посторонних примесей испытываемый лак или эмаль предварительно фильтруют через медную сетку — 4 900 отверстий на 1 см^2 или проволочную сетку — 567 отверстий на 1 см^2 (ГОСТ 3584-53).

3. Перед испытанием проверяются чистота вискозиметра и — особенно тщательно — чистота сопла.

Сопла просматривают на свет и, если необходимо, дополнительно промывают растворителем.

4. После установки воронки на штативе в горизонтальном положении закрывают пальцем отверстие и заполняют воронку испытываемым лаком или эмалью вровень с краями. Затем на воронку накладывают стеклянную пластину. Избыток лака (эмали) стечет при этом в желоб воронки. Подставляют под вискозиметр приемный сосуд, а затем снимают стеклянную пластинку, убирают палец и одновременно включают секундомер. По прекращении истечения непрерывной струи секундомер останавливают. Опыт проводят не менее 2 раз.

5. Время истечения определяется с точностью 0,2 сек. При этом расхождения во времени истечения не должны быть более $\pm 5\%$ (если максимальный результат принимать за 100%). Время истечения испытываемого лака (эмали) из вискозиметра в секундах служит мерой условной вязкости.

6. После окончания опыта вискозиметр необходимо промыть соответствующим растворителем.

11. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОПИТКЕ И СУШКЕ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Применяемые в электрических машинах и трансформаторах изоляционные материалы поглощают из воздуха влагу не только в процессе производства или ремонта

машин и трансформаторов, но и во время их эксплуатации при останове, что снижает их изоляционные свойства.

Исходя из технических требований, предъявляемых к изоляционным лакам, для обеспечения надежности обмоток в эксплуатации пропитывающий лак должен обеспечить хорошую наполненность лаковой основой пустот и зазоров между проводами, секциями и катушками, высыхать в глубине обмоток при ограниченном доступе кислорода из воздуха, а при нагреве обмотки до рабочих температур не сильно размягчаться и не разбрызгиваться. При отверждении лаков во время и после сушки они должны обеспечивать достаточную цементацию элементов обмотки с целью предохранения от взаимных сдвигов витков и секций, а также для предотвращения механических повреждений в целом.

Асфальто-масляные лаки плохо просыхают в толстых слоях и в глубине обмоток и обмотки, пропитанные этими лаками, недостаточно сцементированы, особенно во внутренних слоях обмоток, а при повышении температуры нагрева обмоток цементация еще ухудшается.

Применение более густых асфальто-масляных лаков не представляется возможным, так как с увеличением содержания пленкообразующих веществ вязкость лаков резко повышается, что ухудшает их пропитывающие свойства.

При применении новых лаков следует обратить внимание на подбор оптимальной концентрации лака, обеспечивающей хорошую пропитку и хорошую наполненность обмотки, имея в виду, что некоторые терморезистивные лаки менее вязки и обладают хорошей пропитывающей способностью даже при высоком содержании пленкообразующих веществ и хорошо просыхают в глубине обмоток и толстых слоях при ограниченном доступе кислорода воздуха.

При модернизации или ремонте электрических машин даже с применением изоляции класса В, где не требуется повышенной цементации обмоток, применение асфальто-масляных лаков для пропитки обмоток следует сохранить, за исключением машин, работающих с повышенными перегревами (тяговые, крановые и др.) или предназначенных для работы в ненормальных условиях по температуре и среде.

После выбора типа и марки лака для данной машины с учетом ее эксплуатационных условий следует определить и рациональное количество пропиток.

При определении количества пропиток следует учитывать, что нормальные условия эксплуатации допускают меньшее число пропиток, а машины, работающие в тяжелых условиях по температуре, условиям пуска и состоянию среды, требуют большего числа пропиток.

Кроме того, при определении количества пропиток следует учитывать, что качество пропитки в основном определяет не число пропиток, а наполненность изоляции основой лака, на что следует обратить особое внимание.

Процесс пропитки обмоток изоляционным лаком состоит из следующих операций:

- 1) предварительная сушка обмоток для удаления влаги;
- 2) пропитка обмоток изоляционными лаками;
- 3) удаление растворителей изоляционных лаков;
- 4) запечка изоляции:

Для пропитки и сушки обмоток необходимо, чтобы в пропиточном отделении были установлены:

- а) бак, заполняемый пропиточным лаком, или приспособление для покрытия обмоток лаком методом пульверизации;
- б) сушильный шкаф с пропиточно-вытяжной вентиляцией или место для сушки обмоток индукционными потерями;
- в) подъемно-транспортные средства.

Шкафы для сушки пропитанных изделий, которые могут быть с паровым или электрическим нагревом и регулировкой температуры нагрева.

Основное требование, предъявляемое к сушильным шкафам или временным сооружениям индивидуально просушиваемых электрических машин, — хорошая вентиляция.

Воздух в сушильном шкафу или временном сооружении должен непрерывно поступать через отверстия, расположенные так, чтобы не образовались зоны, где воздух не перемешивается, что может привести к неравномерному и длительному процессу сушки.

Лаки, не соответствующие техническим требованиям, нельзя применять для пропитки.

До начала пропитки лак следует предварительно подготовить к применению, а перед загрузкой изделия в бак с лаком — проверить удельный вес лака при помощи ареометра или проверить его вязкость вискозиметром.

Доведение удельного веса (вязкости) пропиточного лака до требуемой величины производится добавлением соответствующего растворителя.

Через определенный промежуток времени пропиточный бак с изоляционным лаком загрязняется и на его дне скапливается много остатков разных примесей и грязи, ухудшающих качество пропитки и изоляционные свойства лака. Поэтому систематически следует производить очистку бака от грязи и примесей.

Пропитка обмоток изоляционными лаками производится как при изготовлении новых обмоток, так и после укладки обмоток в машину или при частичной их перемотке, а также при проведении профилактических ремонтов, когда требуется восстановление изоляционных свойств лакового покрытия.

Исходя из условий эксплуатации электрических машин, а также технических свойств изоляционных лаков, определяются тип и номер пропиточного лака, а также кратность пропитки обмоток.

На основании производственного опыта можно рекомендовать следующие кратности пропитки обмоток:

1. Обмотки нормального исполнения, работающие при нормальной влажности окружающей температуры (до 60—65% относительной влажности) и нормальных рабочих температурах, подвергаются одно- или двукратной пропитке.

Обмотки машин, предназначенных для работы на открытом воздухе, в помещениях с относительной влажностью до 80—90% или в условиях воздействия газов или высокой окружающей температуры с повышенными кратковременными перегревами или частыми продолжительными пусками, должны подвергаться трех — пятикратной пропитке, а при возможности — и покрытию специальными лаками с повышенными изоляционными свойствами.

При пропитке обмоток машин методом погружения необходимо, чтобы вся их поверхность была покрыта лаком, а уровень лака был выше пропитываемых деталей на 100—200 мм.

Статоры или отдельные намотанные детали до пропитки должны подвергаться предварительной сушке при температуре 100—110° С в течение 3—5 ч. После их остывания до 70—40° С, они должны погружаться в пропиточную ванну в вертикальном или наклонном состоянии при предварительно подогретом лаке в ванне до такой же температуры (40—70° С).

Следует учесть, что предварительная сушка обмоток до пропитки может быть непродолжительной, так как цель сушки — предварительное удаление влаги из волокнистой изоляции и улучшение проникновения лака при пропитке.

В пропиточном баке обмотки выдерживаются в течение 15—20 мин, а практически — до прекращения выделения пузырьков воздуха на поверхности лака. После извлечения обмоток из бака они устанавливаются в вертикальном или наклонном положении, чтобы излишний лак мог стечь с них в бак.

Покрытие обмоток лаком можно производить и методом пульверизации, когда разбавленный лак распыляется струей сжатого воздуха равномерно по всей поверхности обмотки.

Ниже приведено ориентировочное время сушки обмоток до пропитки.

При пропитке обмоток необходимо следить за состоянием лака в пропиточном баке, так как он вследствие испарения разбавителя быстро густеет и делается непригодным для применения.

Тип обмотки	Класс изоляции	Температура сушки, °С	Время сушки, ч
Всыпные обмотки статоров, роторов и якорей	А,	110—125	3—5
	В	120—140	2—3
	и Н	180±5	8—10
Шаблонные обмотки статоров, роторов и якорей	А,	110—125	3—8
	В	120—140	2—4
	и Н	180±5	8—10
Стержневые обмотки роторов	А,	110—125	2—6
	В	120—140	2—4
	и Н	180±5	8—10
Катушки низковольтных машин до 100 кВт	А,	105—125	1—2
	В	120—140	1—2
	и Н	180±5	8—10

В таких случаях необходимо постепенно добавлять разбавитель и перемешивать деревянной лопаткой.

Смеси разбавителей следует применять только в готовом виде.

Для определения необходимого количества разбавителя пользуются формулой

$$Q_p = Q_{\text{л}} \frac{\gamma_{\text{л}} - \gamma_p}{\gamma_p - \gamma_{\text{с}}},$$

где Q_p — объем добавляемого разбавителя;

$Q_{\text{л}}$ — объем разбавляемого лака;

$\gamma_{\text{л}}$ — удельный вес разбавляемого лака;

γ_p — удельный вес разбавителя;

$\gamma_{\text{с}}$ — необходимый удельный вес смеси.

Ниже даны удельные веса некоторых лаков и разбавителей:

Лаки		Разбавители	
№	Удельный вес при 20°С	Наименование	Удельный вес при 20° С
458	0,85	Уайт-спирит	0,79
447	0,85	Толуол	0,86
465	0,85	Ксилол	0,86
320	0,83	Бензин 1-го сорта	0,72
321	0,83	Бензин	0,87

Сушку и запечку пропитанной обмотки производят в сушильных печах, методом индукционных потерь, инфракрасными лучами, горячим воздухом (воздуходувкой) и т. н. при постепенном повышении температуры до требуемой величины. Производить сушку при температуре ниже 100°С не рекомендуется, так как при этом происходит не процесс сушки, а процесс парения, отрицательно влияющий на качество изоляции.

Сушка индукционным нагревом. Недостаток индукционной сушки в применении к мелким и средним низковольтным электродвигателям заключается в том, что при этом методе намагничивающая обмотка состоит из большого количества витков, что удлиняет процесс ее намотки и размотки, а значит, и сушки.

Однако если одновременно сушить несколько электродвигателей с приблизительно одинаковыми размерами активной стали, сушку можно производить индукционным методом, последовательно соединив намагничивающей обмоткой все статоры электродвигателей, подлежащих сушке.

При таком методе количество витков намагничивающей обмотки для каждого статора определяется, исходя из общего количества витков, равномерно распределяемых между статорами, подвергающимися сушке.

Если для сушки статора требуется 60 витков, то при одновременной сушке трех таких статоров число витков следует делить на 3: $\frac{60}{3} = 20$ витков, т. е. на каждый статор последовательно намотываются 20 витков.

При сушке статоров с разным сечением активной стали распределение числа витков намагничивающей обмотки производится обратно пропорционально сечению спинки активной стали статора. Для определения числа витков намагничивающей обмотки при одновременной сушке статоров с разным сечением спинки статора и последовательном соединении их намагничивающей обмотки за основу берется число витков обмотки для наибольшей по сечению спинки статора. Необходимое число витков подсчитывается по формуле

$$w = \frac{45 U_{\text{л}}}{Q_1},$$

где $U_{\text{л}}$ — напряжение, в;

Q_1 — сечение спинки статора, см^2 :

$$Q_1 = 0,9hl;$$

h — высота спинки статора, см ;

l — длина стали спинки статора, см , а для меньших сечений спинок статора Q_2 число витков определяется из соотношения сечений спинок стали $\frac{Q_1}{Q_2} = k$.

Сушка инфракрасными лучами. Для сушки и нагрева инфракрасными лучами служат специальные лампы инфракрасного излучения, представляющие собой несколько видоизмененную обычную лампу накаливания.

Практическое применение инфракрасных лучей для целей сушки лаковых покрытий показало, что процесс

сушки облучаемой поверхности лакового покрытия происходит не с верхних слоев в глубину, а примерно равномерно по всей глубине слоя изоляции.

К достоинствам применения инфракрасных лучей следует отнести:

- 1) ускорение процессов сушки;
- 2) экономия электрической энергии;
- 3) экономия производственных площадей;
- 4) снижение эксплуатационных расходов;
- 5) улучшение качества сушки.

Ниже приведена длительность пропитки и сушки обмоток статоров и роторов.

Последовательность операции	Изоляция класса А		Б
	при температуре рабочей зоны печи 110 (+10—5)° С		130 (+10—5)° С
	Статор	Ротор	Статор

Длительность операции

Предварительная сушка	3—5 ч	3—5 ч	2—4 ч
Первая пропитка	≥15 мин	15 мин	15 мин
Стекание лака	15 мин	15 мин	15 мин
Сушка	≥6—9 ч	8—10 ч	7—9 ч
Вторая пропитка	6—10 мин	6—10 мин	6—10 мин
Сушка	8—10 ч	10—14 ч	8—12 ч
Лакировка (покрытие эмалью или покровным лаком)	Длительность операции не нормируется		
Сушка после покрытия лобовых частей эмалью СПД . . .	3—5 ч	3—5 ч	До прекращения отлипа
Сушка после покрытия лобовых частей эмалью СВД (воздушная сушка)	3—5 ч	3—5 ч	То же

Длительность операции устанавливается в зависимости от размера электрических машин и фактической температуры нагрева. При снижении температуры сушки до 100° С время сушки следует удлинять; при температуре ниже 100° С время сушки следует вовсе не учитывать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубо Л. Г., Применение электроизоляционных лаков при ремонтах электрических машин и трансформаторов, Госэнергоиздат, 1960.

2. Рубо Л. Г., Пересчет и ремонт асинхронных двигателей мощностью до 100 квт, Госэнергоиздат, 1961.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Общая часть	3
2. Покровные лаки и эмали	4
3. Пропиточные лаки	5
4. Специальные пропиточные лаки	10
5. Область применения лаков	12
6. Хранение лаков и обращение с ними	13
7. Растворители (разбавители) лаков	13
8. Основные данные и технические характеристики важнейших электроизоляционных лаков	16
9. Основные технические данные и характеристики специальных изоляционных лаков	32
10. Применение вискозиметра ВЗ-4	41
11. Рекомендации по пропитке и сушке обмоток электрических машин	41
Литература	3-я стр. обл.

Цена 9 коп.

7590 42288/4 м

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Вышли из печати

Чернев К. К., Обслуживание распределительных устройств высокого напряжения (*выпуск 47*)

Плетнев Л. Ф., Реле прямого действия, их наладка и проверка (*выпуск 48*)

Слонский В. В., Электродуговая сварка алюминиевых шинопроводов переменным током (*выпуск 49*)

Белов Г. В., Монтаж токопроводов из шин коробчатого сечения (*выпуск 50*)

Жуков Е. П., Монтаж проводов вторичной коммутации (*выпуск 51*)

Иевлев В. И. и Рябцев Ю. И., Монтаж трансформаторов напряжением 500 кв (*выпуск 52*)

Гуреев И. А., Комплектные шинопроводы цеховых электрических сетей (*выпуск 53*)

Севастьянов М. И., Прокладка кабелей напряжением до 35 кв в промышленных и гражданских зданиях (*выпуск 54*)

Шувалов К. И., Простейшие схемы автоматического управления электроприводами (*выпуск 55*)

Клюев С. А., Осветительные сети производственных помещений (*выпуск 56*)

Ашкенази Г. И. и Холмянский Р. М., Электрооборудование театрально-зрелищных зданий (*выпуск 57*)

Иевлев В. И. и Скляр П. В., Из опыта монтажа силовых трансформаторов напряжением 110—220 кв (*выпуск 58*)

Фридкин И. А., Прокладка кабельных линий в земле (*выпуск 59*)

Гомберг А. Е., Измеритель заземления (*выпуск 60*)

Демчев В. И. и Царьков В. М., Прожекторное освещение (*выпуск 61*)

Минин Г. П., Измерение мощности (*выпуск 62*)

Каetanович М. М., Как работают провода, изоляторы и арматура линий электропередачи (*выпуск 63*)

Злобин Б. В., Испытания силовых трансформаторов при монтаже (*выпуск 64*)

Готовятся к печати

Карпов Ф. Ф. и Козлов В. Н., Простейшие схемы автоматизации

Мусаэлян Э. С., Проверки и испытания при монтаже турбогенераторов