

Тема 3.4 «Жидкие диэлектрики»

Предназначаются для пропитки электрической изоляции трансформаторов, конденсаторов, кабелей с целью повышения её электрической прочности и отвода тепла в процессе конвекции для дугогашения в масляных выключателях.

По химической природе жидкие диэлектрики делятся на:

1 Нефтяные масла:

1.1 Трансформаторное масло – жидкость от почти бесцветного до темно-желтого цвета, которую получают фракционной перегонкой нефти. Эти масла являются смесью углеводородов парафинового, нефтенового и ароматического рядов с небольшой примесью атомов серы, кислорода, азота. Чтобы получить трансформаторное масло, необходимо очистить масляный дистиллят, который остается после отгонки от нефти от легких нефтепродуктов (бензина, керосина). Дистилляции очищают серной кислотой, затем нейтрализуют щелочью, промывают водой и сушат при температуре 75-85°C, продувая через него воздух. Для очистки от примесей и механических загрязнений масла фильтруют через адсорбенты- вещества, имеющие сильно развитую поверхность (силикагель, инфузорные земли).

Основные свойства:

1) малая вязкость, что весьма важно, так как слишком вязкое масло хуже отводит теплоту потерь от обмоток и сердечника трансформатора и хуже пропитывает пористую изоляцию;

2) температура застывания – 70°C (что особенно важно для аппаратуры, работающей при низкой температуре окружающей среды);

3) электрическая прочность $E_{пр} = 10...25$ МВ/м (очень чувствительна к увлажнению, но при сушке восстанавливается);

4) теплоемкость и теплопроводность масла увеличиваются с ростом температуры (при свободной конвенции масло отводит теплоту от погруженных в него обмоток и сердечника трансформатора в 25...30 раз интенсивнее, чем воздух). Применяют трансформаторное масло в качестве изолирующей и охлаждающей среды в силовых и импульсных трансформаторах, высоковольтных выключателях как дугогасящая среда.

1.2 Конденсаторное масло получают из высококачественной нефти или в результате дополнительной очистки адсорбентами трансформаторного масла. Операцию очистки кислотой и щелочью проводят так же как для трансформаторного масла, но более длительно и тщательно для удаления из него растворенного воздуха, что снижает диэлектрические потери. Его используют для пропитки изоляции в бумажных и пленочных конденсаторах, что позволяет уменьшить габаритные размеры, массу и стоимость конденсаторов.

1.3 Кабельное масло отличается от трансформаторного повышенной вязкостью, а от конденсаторного пониженными электрическими свойствами, используется в чистом виде или в виде пропиточного состава для бумажной

изоляции. В последнем случае в масло вводят канифоль для увеличения вязкости, чтобы избежать вытекания через бумажную изоляцию кабеля.

Недостатки нефтяных масел:

- 1) подверженность старению;
- 2) легкая воспламеняемость;
- 3) гигроскопичность (категорически запрещается хранить их в открытой таре);
- 4) Важной характеристикой масла является его электрическая прочность, которая очень чувствительна к увлажнению.

2 Синтетические жидкости

2.1 Хлорированные углеводороды получают заменой некоторых или даже всех атомов водорода атомами хлора у различных углеводородов. Наиболее часто применяют полярные продукты хлорирования дифенила. Наиболее известные из них: совол, совтол, гексол.

Совол - бесцветная вязкая жидкость с неприятным запахом. Относительная диэлектрическая проницаемость совола совпадает с относительной диэлектрической проницаемостью изоляционных бумаг и выше в два раза, чем у трансформаторного масла. Поэтому его применяют при пропитке конденсаторов, что увеличивает емкость конденсатора и повышает электрическую прочность.

Совол является не горючим и может длительно выдерживать температуру 120-150°C, он не окисляется, что составляет его главное преимущество перед нефтяными маслами. Температура застывания совола минус 5°C.

Недостатки: токсичность; большая вязкость (в 5 – 6 раз выше вязкости трансформаторного масла); малая морозостойкость; высокая стоимость, он примерно дороже в 10 раз трансформаторного масла.

Совтол представляет собой смесь 65% совола и 35% трихлорбензола. Вязкость и температура застывания совтола близки к трансформаторному маслу. Остальные свойства совтола аналогичны свойствам совола. Применяют вместо трансформаторного масла для взрывоопасных конденсаторов.

Гексол представляет собой негорючую смесь (1:4 по объему) полихлордифенила и гексахлорбутадиена с очень низкой температурой застывания минус 70°C. Он обладает такими положительными свойствами в отличие от совола, совтола и трансформаторного масла, как незначительная вязкость даже при минусовых температурах, большой диапазон рабочих температур (может быть рекомендован для эксплуатации при окружающей температуре, ниже минус 60°C), не образует взрывоопасные смеси, имеет большой срок службы, большую электрическую прочность изоляции, не взаимодействует с твердыми материалами (медью, сталью, алюминием) и, в отличие совола и совтола, может быть рекомендован для применения в шунтирующих выключателях вместо трансформаторного масла.

2.2 Кремнийорганические жидкости – это продукт синтеза кремнистых и углеродистых соединений, свойства которых определяются типом

органических радикалов. Характеризуются высокой нагревостойкостью, низкой температурой застывания, малым температурным коэффициентом вязкости, химической инертностью, малыми диэлектрическими потерями и низкой гигроскопичностью. Применяют для пропитки бумажных конденсаторов и для гидрофобизации изоляционных лент, для пропитки и заливки конденсаторов, работающих в интервале температур от -60°C до $+100^{\circ}\text{C}$.

2.3 Фторорганические жидкости представляют собой производные углеводородов, у которых атомы водорода замещены фтором. Их пары не образуют с воздухом взрывоопасных смесей. Они обладают малыми диэлектрическими потерями, ничтожно малой гигроскопичностью, высокой нагревостойкостью (некоторые жидкости могут длительно работать при температуре 200°C и выше), высокой теплопроводностью, полной негорючестью, высокой дугостойкостью. Применяют для пропитки и заливки конденсаторов и трансформаторов, для испытания элементов радиоэлектроники при низких и высоких температурах.

Пробой жидких диэлектриков. Жидкие диэлектрики представляют собой низкомолекулярные вещества органического происхождения.

Их электрофизические свойства зависят от строения молекул и наличия примесей. Примеси образуются при окислении и разложении углеводородных фракций, при поглощении воды и попадании частичек волокнистых материалов.

Электропроводность жидких диэлектриков обусловлена перемещением ионов. Носителями зарядов могут быть различные частицы, находящиеся во взвешенном состоянии.

Очистка жидких диэлектриков от примеси повышает удельное сопротивление, однако полностью удалить примеси невозможно.

Процесс электрического пробоя начинается с инъекции в жидких диэлектриках электронов с катода и образования электронных лавин. Пробой завершается, когда плазменный канал замыкает электроды.

Присутствующие в жидкости пузырьки газа ионизируются, выделяя энергию, которая приводит к местному перегреву. Это ведет к образованию газового канала между электродами и в результате к пробую жидкости.

Примеси воды в масле снижают значение пробивного напряжения. Если вода находится в масле в виде эмульсии, т.е. в виде мельчайших капель, которые втягиваются в места, где напряженность поля велика, то в этом месте начинается развитие пробоя.

Увеличение пробивного напряжения с ростом температуры объясняется переходом воды из суспензии в молекулярно растворенное состояние.

Рост пробивного напряжения при уменьшении температуры ниже нуля градусов объясняется образованием льда и ростом вязкости масла.

Возрастание пробивного напряжения в области температур $60-80^{\circ}\text{C}$ объясняется влиянием вида распределения воды в масле - вода находится в стадии молекулярного раздробления, переходя в нее из состояния эмульсии.

Снижение пробивного напряжения с дальнейшим увеличением температуры объясняется обычным тепловым эффектом.

Увеличение пробивного напряжения в области низких температур является следствием вымерзания воды. Снижение пробивного напряжения ниже температуры - 90, - 95°C, т.е. когда масло находится уже в твердом состоянии, объясняется образованием в нем трещин.

Особенно большое влияние на электрическую прочность масла оказывает содержание эмульсионной влаги. Влияние влаги особенно заметно в случае наличия в трансформаторном масле органических волоконцев, которые, впитывая в себя влагу, образуют под действием электрического поля проводящие мостики между электродами, значительно уменьшая пробивное напряжение.

Существенное влияние на электрическую прочность трансформаторного масла оказывает содержание в нем газовых включений. В силу этого включение напряжения после заливки масла в трансформатор следует производить, выждав некоторое время, во избежание пробоя масла.

Длительность приложения напряжения заметно сказывается на электрической прочности трансформаторного масла. При увеличении времени экспозиции трансформаторное масло значительно снижает свое пробивное напряжение.

На величине пробивного напряжения жидких диэлектриков резко сказывается форма электродов и расстояние между ними аналогично тому, как это наблюдается у газовых диэлектриков.