

---

**УДК 621.3.04**

М.В. МАКАРОВ, студент гр. ЭПм-211 (КузГТУ)  
Научный руководитель А.Г. ЗАХАРОВА, д.т.н., профессор (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИИ**

Работоспособность электрооборудования и устройств определяется в существенной мере свойствами их изоляционных материалов. В энергосистемах и электротехнике, изоляционные материалы работают, как правило, в экстремальных условиях, которые подразумевают высокие перепады температур, интенсивное излучение и сильные электрические поля. Для работы в таких условиях требуются высококачественные изоляционные материалы с превосходными электрическими, тепловыми и механическими характеристиками. Более глубоко изучив изоляционные материалы мы можем увеличить производительность электрических приборов. Изоляционные материалы - это материалы, которые препятствуют передаче тепла, электрического тока или шума. Все изоляционные материалы имеют отрицательный температурный коэффициент сопротивления, поэтому удельное сопротивление уменьшается с повышением температуры. Значение изоляционных материалов постоянно возрастает с каждым днем, поскольку на рынке доступно бесчисленное количество типов изоляторов. Выбор правильного типа изоляционного материала очень важен, потому что срок службы оборудования зависит от типа используемого материала.

### **Полимеры**

По мере увеличения производительности систем, полимеры стали наиболее подходящим материалом для удовлетворения этих требований. Однако диэлектрическая прочность полимера может зависеть от многих факторов. Во-первых, полярные полимеры обладают более высокой электрической прочностью, поскольку полярные группы могут захватывать электроны. Во-вторых, увеличение молекулярной массы снижает степень кристалличности и размер сферолитов, что затрудняет создание канала разряда в полимере и таким образом, приводит к более высокой прочности на пробой. Исследования также показали, что температура плавления увеличивается после сшивки полимера, что увеличивает его сопротивление разрушению. В целом разработка полярных полимеров имеет целью повысить электрическую прочность изоляционных материалов.

Для улучшения механических свойств изоляции при низких температурах важно увеличить относительное удлинение и предельную прочность. Для пленок, абсорбция является серьезной проблемой, поскольку пленка

---

поглощают воду из воздуха, которая затем ухудшает электрические свойства полимера. Следовательно, необходимо улучшить производство пленок с низким водопоглощением, чтобы уменьшить воздействие воды.

Современные тенденции развития изоляционных материалов, работающих при низких температурах, представлены следующими направлениями:

1) оптимизация изоляционной системы для уменьшения поля искажения;

2) расширение применения изоляционных материалов с хорошими свойствами при очень низких температурах;

3) исследование материалов с низкими диэлектрическими потерями и малой емкостью.

Полимерные изоляторы имеют легкий вес и небольшие размеры по сравнению с фарфоровыми или стеклянными изоляторами, что снижает стоимость установки. Их небольшой вес означает, что полимерные изоляторы оказывают меньшую нагрузку на опорную конструкцию, что приводит к общей низкой стоимости установки. Они обеспечивают высокое смещение пути утечки и устойчивость к воздействию окружающей среды. К тому же полимерные изоляторы очень гибкие, что значительно снижает вероятность поломки. Кроме того, полимерные изоляторы очень гибкие, что снижает вероятность поломки. К тому же, они обладают более высокой прочностью на разрыв по сравнению с другими фарфоровыми изоляторами. Они лучше подходят для загрязненных участков и требуют меньшей очистки из-за гидрофобной природы изолятора.

Однако есть ряд ограничений, связанных с полимерными изоляторами, такие как высокий ток утечки и короткий срок службы. Кроме того, влага может попасть в сердцевину изолятора, если между сердцевиной и защитными кожухами возникнет нежелательный зазор. Излишнее обжатие концевых фитингов может привести к трещинам в сердечнике, что, в свою очередь, приведет к механическому разрушению полимерного изолятора.

Другой недостаток состоит в том, что полимерные изоляторы плавятся и гнутся в случае пожара, чего нельзя сказать о стеклянных или фарфоровых изоляторах. Такие изоляторы не работают в районах, близких к береговой линии океана, где высокий уровень соли в воздухе. Кроме того, эти изоляторы более подвержены нападению птиц.

### **Стекло и фарфор**

В настоящее время повсюду применяются оба типа изоляторов, каждый из которых обладает своими достоинствами и недостатками.

Стекло производится с помощью процесса, называемого отжигом, и оно имеет более высокую диэлектрическую прочность по сравнению с фарфором. Хотя удельное сопротивление стекла очень высокое, коэффициент теплового расширения низкий. Стеклянные изоляторы также имеют более высокий уровень прочности на разрыв и не нагреваются на солнце, в отличие от фарфора.

Кроме того, загрязнения и пузырьки воздуха могут быть свободно обнаружены внутри корпуса изолятора благодаря прозрачности стекла. Стекло также имеет гораздо более долгий срок службы, поскольку старение не влияет на его механические и электрические свойства. Дополнительным преимуществом закаленного стекла, используемого в воздушных линиях электропередачи, является то, что изоляторы из битого стекла имеют тенденцию полностью разрушаться при ударе и, следовательно, их легко заметить во время осмотра. К тому же стекло дешевле фарфора. Несмотря на все эти преимущества, фарфор является наиболее используемым материалом для изготовления изоляторов для воздушных линий электропередачи по ряду причин. Подобные изоляторы изготавливаются из глины, кварца или силиката алюминия и полевого шпата и покрываются гладкой глазурью для защиты от пыли и влаги. Очень важно убедиться, что фарфор не имеет пористости, поскольку это ключевой источник ухудшения электрической прочности. В нем также не должно быть загрязнений и пузырьков воздуха, так как это влияет на изоляционные свойства. Ключевым преимуществом фарфора является то, что он не имеет трещин, отверстий и расслоений, а его изоляционное сопротивление очень высокое. Кроме того, электрическая прочность фарфоровых изоляторов весьма высока и составляет около 60 кВ/см. Ключевым преимуществом фарфора над стеклом представляется то, что его можно отливать неправильной формы для более высоких напряжений. В случае со стеклом нерегулярное охлаждение часто приводит к внутренним деформациям. Кроме того, влага легко конденсируется на поверхности стекла, что создает путь для протекающего тока.

Стекло и фарфор - наиболее широко используемые материалы для изготовления изоляторов. Хотя в настоящее время предприятия понемногу внедряют полимерные изоляторы, но преимущество их не доказано, поскольку неизвестны точные сроки службы этих изоляторов.

Таким образом, выбор изоляционного материала имеет решающее значение, поскольку основные причины выхода из строя изолятора - чрезмерное электрическое напряжение, чрезмерное тепловое и механическое напряжение и деградация из-за химического воздействия окружающей среды на поверхность изолятора - могут быть уменьшены путем выбора соответствующих изоляционных материалов.

### **Список литературы:**

1. Б. Хельги: Электрическая прочность ароматических полимеров: зависимость от толщины пленки, и химическая структура / Б. Хельги, П. Бьелхейм – 2019 – №5. – С. 1147-1156.
2. Динамика потребления электроэнергии как индикатор экономической активности. Бюллетень социально-экономического кризиса в России / А. Голяшев, Е. Буряк, Л. Анна, К. Вера. – 2016 – № 10. – С. 19-24.

---

3. С. Игнатов. Отраслевой электротехнический портал[ Электронный ресурс]: электроизоляционные материалы: классификация, свойства и сфера применения / С. Игнатов. – Информационный портал. – URL: <https://marketelectro.ru/content/elektroizolyacionnye-materialy-klassifikaciyasvoystva-i-sfera-primeneniya>( дата обращения 12.11.2021) - Текст: электронный.

Информация об авторах:

Макаров Максим Валерьевич, студент гр. ЭПм-211, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [makarovmv@kuzstu.ru](mailto:makarovmv@kuzstu.ru).

Захарова Алла Геннадьевна, д.т.н., профессор, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [zaharovaag@kuzstu.ru](mailto:zaharovaag@kuzstu.ru).