

4 Основы техники высоких напряжений. Пробой изоляции

Находясь в электрическом поле, диэлектрик может потерять свойства изоляционного материала, если напряжённость поля превысит некоторое критическое значение. Явление образования проводящего канала под действием электрического поля называют пробоем. Если произошел пробой газовой изоляции, то благодаря высокой подвижности молекул пробитый участок после снятия напряжения восстанавливается. Жидкий диэлектрик также может восстановить свои изоляционные свойства, но частично, так как загрязняется из-за распада части молекул. Пробой твёрдых диэлектриков приводит к необратимому разрушению изоляции. Значение напряжения, приводящего к пробую изоляции, называют пробивным напряжением $U_{\text{п}}$.

Электрической прочностью называют напряжённость $E_{\text{п}}$, соответствующую пробивному напряжению $U_{\text{п}}$ в однородном электрическом поле. Однородным называют поле, в каждой точке которого напряжённость имеет одно и то же значение и направление. Однородное поле может быть получено между плоскими электродами с закруглёнными краями, а также между сферами, если расстояние между ними не превышает их диаметра. Электрическая прочность $E_{\text{п}}$ измеряется в вольтах, делённых на метр:

$$E_{\text{п}} = U_{\text{п}} / h,$$

где $U_{\text{п}}$ – пробивное напряжение;

h – расстояние между электродами.

На практике используют единицу измерения кВ/мм = МВ/м.

По механизму нарушения изоляции различают электрический, электротепловой и электрохимический пробои.

Электрический пробой происходит в результате развития процессов ударной и фотонной ионизации материала диэлектрика. Этот процесс характерен для газов, однако его можно наблюдать в особо чистых неполярных жидкостях и твёрдых веществах.

Причиной электротеплового пробоя является разогрев материала из-за диэлектрических потерь. Он характерен для полярных

жидкостей и твёрдых материалов с неплотной упаковкой атомов, содержащих подвижные ионы или группы ионов.

Однако чаще всего причиной выхода изоляции из строя является электрохимический пробой, происходящий в результате её старения – постепенного необратимого ухудшения свойств из-за различных химических реакций, особенно вызванных воздействием высокого напряжения.

Пробой газа в однородном поле происходит в результате развития стримера путём ударной и фотонной ионизации.

В неоднородном поле пробой газа происходит при меньшем напряжении, чем в однородном. Для исследования этого процесса используют поле между остриём и плоскостью. Вблизи острия напряжённость поля выше, чем на удалении, и если она достигает критических значений, на острие возникает частичный разряд (ЧР), сопровождаемый свечением и негромким звуком (потрескиванием).

О вреде частичных разрядов

1 Уменьшают напряжение пробоя изоляционного промежутка.

2 При ЧР образуются активные газы, разрушающие изоляцию. Под действием этих газов, особенно озона, в присутствии воды в твёрдой изоляции развиваются водяные дендриты (водные триинги), прорастающие вглубь материала подобно корням деревьев, что со временем приводит к пробоя изоляции.

3 Электрическая энергия ЧР переходит в тепловую и световую.

4 Частичные разряды являются источником радиопомех.

Поверхностный пробой (перекрытие изоляции) можно наблюдать при испытании и эксплуатации твёрдых диэлектриков с высокой электрической прочностью. В случае поверхностного пробоя структура твёрдого диэлектрика не нарушается, однако пробивное напряжение вдоль поверхности твёрдого диэлектрика значительно меньше, чем в воздухе при той же длине разрядного промежутка, особенно при повышенной влажности и загрязнении этой поверхности.

Для предотвращения поверхностного пробоя необходимо по возможности увеличивать длину разрядного пути вдоль поверхности твёрдого диэлектрика. Этому способствует создание ребристой поверхности изоляторов, проточка разного рода канавок, изготовление конструкций с «утопленными» электродами.

Повышение рабочих напряжений достигается также сглаживанием неоднородностей электрического поля за счёт изменения формы электродов или оптимизации конструкции изолятора, а также за счёт нанесения на поверхность изолятора полупроводящих покрытий или диэлектрических плёнок с повышенной диэлектрической проницаемостью.