

УДК621.3.

СТАРЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ

Мятлев Е.В., Хитров И.С.

Руководитель – к.т.н., доцент Дерюгина Е.А.

На сегодняшний день развитие различного рода электрооборудования идёт весьма быстрыми темпами. Основные направления развития это увеличение мощности, коэффициента полезного действия, уменьшение размеров устройств и агрегатов. При этом важным вопросом является выбор проводников и изоляции.

Существует довольно большое разнообразие изоляционных материалов, например, фарфор, бумага, воздух, элегаз, масло и т.д. У них всех разные свойства и агрегатное состояние. В зависимости от электроустановки выбирается тот или иной изоляционный материал: для трансформаторов масло, для изоляторов на линиях электропередачи фарфоровые изоляторы.

Со временем происходит износ изоляции и снижаются ее параметры, один из которых электрическая прочность. Если ориентироваться на зависимость пробивного напряжения, которая расположена на промежутке времени, то на отдельных промежутках времени механизм разрушения изоляции имеет различную физическую природу. При этом границы действия того или иного механизма разрушения достаточно условны и зависят от конструкции изоляции, вида материала и условий работы. Помимо этого, зависимость пробивного напряжения от времени его воздействия $U_{пр} = f(t)$ (кривая «жизни» изоляции) является статистической характеристикой, для которой среднеквадратичное отклонение пробивных напряжений доходит до большой величины.

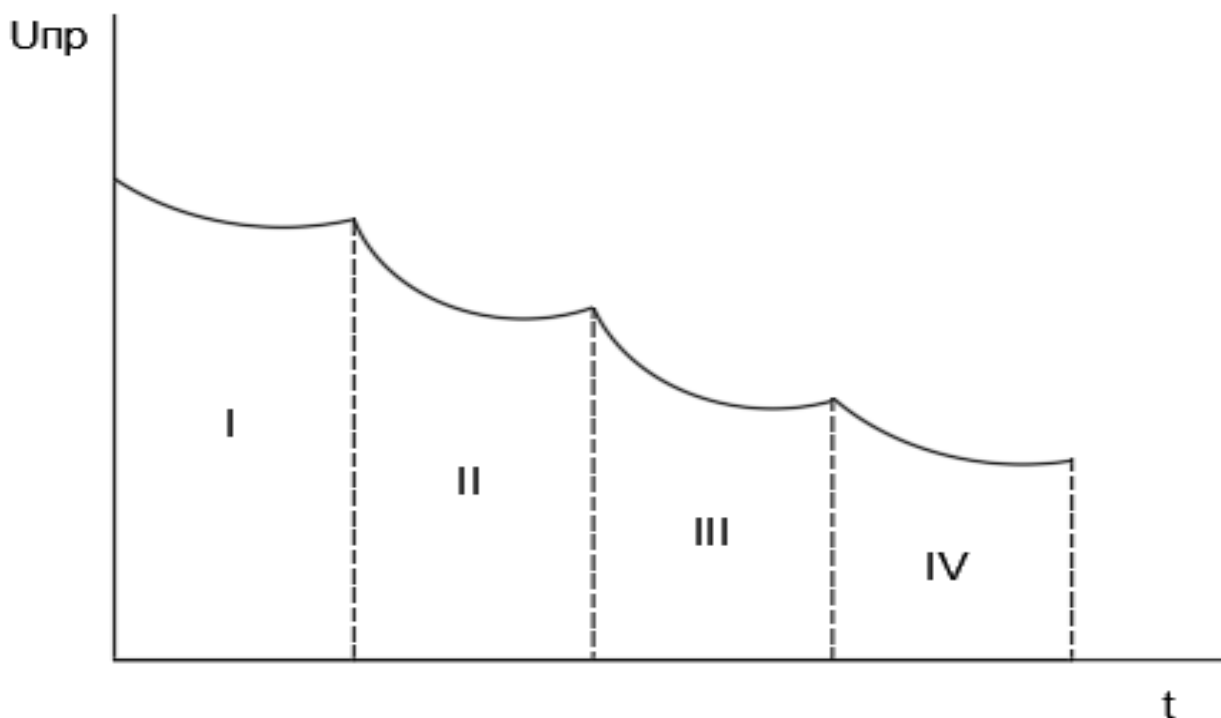


Рисунок 1 – Зависимость пробивного напряжения от времени воздействия напряжения

В первом промежутке времени от микросекунд до нескольких миллисекунд за ухудшение изоляции отвечают электрические процессы. В этом промежутке свободные электроны под действием электрического поля получают энергию, которая достаточна для ионизации нейтральных молекул и образования лавины электронов. Для того, чтобы возник электрический пробой, необходимо, чтобы время действия напряжения было больше времени развития разряда. Очевидно, что это время будет зависеть от толщины и свойств материала, наличия различных примесей.

Во втором промежутке место главного источника пробоя занимают тепловые процессы. Изоляция обладает окончательным значением проводимости, кроме того, в изоляции протекают поляризационные процессы, из-за которых возникает потеря энергии. При долговременном использовании происходит нагрев изоляции, что и дает дальнейшее увеличение диэлектрических потерь и дальнейшее увеличение мощности. Весомую долю тепла изоляция получает от токоведущих частей. При несоблюдении баланса получаемой и отводимой тепловой энергии от изоляции процесс может приобретать лавинообразный характер, что, в конечном итоге, может приводить к пробую изоляции и тепловому разрушению. Также из-за появления частичных разрядов возможно старение изоляции в газовых включениях и расслоениях изоляции, которые возникают в изоляции из-за импульсных перенапряжений.

В промежутке времени от нескольких часов до нескольких лет (зоны III и IV) пробивные напряжения и старение изоляции можно определить медленно протекающими процессами. Частичные разряды слабой интенсивности играют главную роль в этом процессе. В жидкой изоляции процесс медленного старения завязан с окислительными процессами, которые ускоряются при взаимодействии металла с жидкостью, и взаимодействии озона и кислорода.

Электрическая прочность внутренней изоляции должна быть выше значения возможных отклонений рабочего напряжения при длительном воздействии напряжения. Однако, определить электрическую прочность изоляции при дальнейшем влиянии напряжения при помощи эксперимента невозможно, так как для этого требуется достаточно много времени. Поэтому прочность изоляции в больших промежутках опережают по результатам измерения интенсивности процесса старения.

Электрическое старение изоляции тесно связано с накапливающимся микротрещинами от разрядов. Частичные разряды приводят к планомерному разрушению большинства видов изоляции: при каждом разряде только небольшая его часть энергии уходит на необратимое разрушение молекулярных связей материала, поэтому разрушение наступает достаточно медленно. Через некоторое время микротрещины будут видны на глаз.

Скорость разрушения и его масштабы для разных материалов — разные. Органические диэлектрики, под действием частичных разрядов, выделяют проводящие соединения углерода, а также газы: метан, водород, ацетилен, углекислый газ. При разрыве молекулярных связей твердых диэлектриков, образуются радикалы.

Маслобарьерная и бумажно-масляная изоляции могут менять электрические характеристики и физико-химические свойства в каждой составляющей: минеральное масло и бумага, электрокартон — стареют, проводимость в итоге возрастает, пропиточный состав становится менее пригодным, появляются благоприятные условия для возникновения вредоносных пробоев.

Если говорить о масле, то в сильных электрических полях электроны получают в нем достаточно энергии, чтобы разрушить молекулы углерода, в следствии чего выделяется водород. Особенно хорошо этот процесс проходит в изоляции высоковольтных линий, причем для каждого вида изоляции характерна своя интенсивность разрушения, которая зависит от состава самой изоляции.

Диэлектрики изначально твердые, через время они становятся хрупкими, так значительно большая механическая нагрузка на кабель может привести к небольшим трещинам и к разрушению нашей изоляции. Жидкие диэлектрики со временем испаряются, превращаясь частично в газ, следовательно, электрическая прочность такой изоляции через промежуток времени уменьшится.

Влага является не менее важным фактором, который способствует утечкам. В любое время на изоляцию кабеля может попасть влага, будь это конденсат, образованный из-за термоокислительных процессов, или просто вода из внешней среды, тот же самый дождь.

Например, от воздействия влаги на кабель уменьшается сопротивление изоляции, так как свободные ионы способствуют повышению тока утечки. Диэлектрические потери увеличиваются, в итоге это ведет к пробое. Но даже если пробоя нет, то влага все равно способствует перегреву изоляции, и поэтому от теплового перегрева не уйти.

Поэтому очень важно, чтобы изоляция всегда была сухой. На крупных производствах, в связи с этим положением, следят за влажностью изоляции, принимают различные меры, чтобы устранить данный фактор, либо приблизиться к минимуму.

Литература

1. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org/wiki>. – Дата доступа 18.10.2020.
2. Школа для электрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1943-kakie-factory-vlijajut-na-starenie.html> – Дата доступа 18.10.2020.