

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ПРОБИВНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ И ТЕМПЕРАТУРОЙ ДЛЯ ПОЛИМЕРОВ И ИХ КОМБИНАЦИЙ С ТРАНСФОРМАТОРНЫМ МАСЛОМ

Ю. И. ЛЕХТ

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института
высоких напряжений)

Импульсный электрический пробой полимерных диэлектриков и их комбинаций с трансформаторным маслом в значительной степени определяется электро-физическими свойствами полимеров. Однако выявить примерно количественную зависимость изменения импульсных напряжений пробоя как функции температуры и некоторых электро-физических свойств не представляется возможным из-за разброса экспериментальных результатов. В связи с этим целесообразно применить метод корреляционного анализа для выявления зависимостей между пробивными напряжениями и электро-физическими характеристиками полимеров. Нами был проведен корреляционный анализ импульсных напряжений пробоя полимеров и их комбинаций с трансформаторным маслом в зависимости от температуры.

В настоящей работе количественное выражение тесноты связи между взаимосвязанными признаками определялось при помощи рангового коэффициента корреляции [1]. Для определения этого коэффициента все значения факториального признака (температура, диэлектрическая проницаемость и т. д.) записываем в возрастающем порядке, а соответствующие значения результативного признака (пробивные напряжения) записываем в убывающем порядке. Определяем ранг по обоим признакам, т. е. номер каждого признака в ранжированных рядах.

Величина рангового коэффициента корреляции определяется по формуле [1]

$$r = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (1)$$

где d — разность между двумя рангами в смежных рядах;
 n — число измерений.

В табл. 1 приведены ранговые коэффициенты корреляции между импульсными пробивными напряжениями полимерных диэлектриков и температурой при временах воздействия напряжения от $2 \cdot 10^{-7}$ до $3 \cdot 10^{-6}$ сек ($U_{пр}$ — в кВ, температура — градусах Кельвина).

Знак минус перед коэффициентами корреляции означает, что связь между пробивными напряжениями и температурой обратная, т. е. с ростом температуры $U_{пр}$ уменьшается.

Как видно из табл. 1, ранговые коэффициенты между пробивными напряжениями полиэтилена низкого давления, полипропилена и поли-

тетрафторэтилена и температурой — практически близки к нулю в диапазоне от -40 до $+90^{\circ}\text{C}$ при исследованных временах воздействия напряжения. Следовательно, импульсные пробивные напряжения вы-

Т а б л и ц а 1

Материал	Коэффициент корреляции		
	длительность фронта импульса, сек		
	$2 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-6}$
Полиэтилен низкого давления	0,09	0,05	0,04
Полипропилен	0,12	0,10	0,06
Политетрафторэтилен	0,20	0,17	0,10
Поликапролактама	-0,35	-0,40	-0,57
Полиметилметакрилат	-0,63	-0,74	-0,80
Полиизобутилен	-0,87	-0,9	-0,95

шеназванных материалов практически не зависят от температуры. Незначительные отклонения ранговых коэффициентов корреляции от нуля, вероятно, связаны с разбросом пробивных напряжений.

Как видно из табл. 1, пробивные напряжения поликапролактама, полиметилметакрилата и полиизобутилена зависят от температуры. С повышением последней напряжения пробоя этих материалов снижаются. Наиболее сильная связь пробивных напряжений с температурой у полиизобутилена (коэффициент корреляции выше 0,8), а наиболее слабая — у поликапролактама коэффициент корреляции равен 0,57 и ниже). Причем с увеличением времени воздействия напряжения зависимость импульсных напряжений пробоя от температуры усиливается. Это объясняется большим влиянием изменения плотности данного материала в диапазоне от -40 до $+90^{\circ}\text{C}$.

Для комбинированной изоляции «полимер-трансформаторное масло» при расположении твердого диэлектрика у электрода — острия ранговые коэффициенты корреляции между импульсными пробивными напряжениями и температурой при временах воздействия напряжения от $2 \cdot 10^{-7}$ до $3 \cdot 10^{-6}$ сек приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, коэффициенты корреляции для таких комплексов примерно такие же, как и соответствующие коэффициенты корреляции для твердого полимера. Последнее указывает на то, что при пробое комбинированной изоляции основную роль играет диэлектрик, находящийся в области высоких напряженностей поля.

Отмечено некоторое увеличение рангового коэффициента корреляции для комбинированной изоляции по сравнению с коэффициентами корреляции для полимерного диэлектрика. Вероятно, увеличение коэффициентов корреляции связано с тем, что температурная зависимость $U_{пр}$ трансформаторного масла более сильная. А масло, как составная часть комбинированной изоляции, вносит изменения в суммарный коэффициент корреляции.

Результаты табл. 2 позволяют заключить, что импульсные напряжения пробоя комбинированной изоляции, состоящей из полиэтилена, полипропилена и политетрафторэтилена у электрода-острия и трансформаторного масла на плоском электроде, практически не зависят от температуры. Пробивные же напряжения комбинации «поликапролактама-

трансформаторное масло» и «полиметилметакрилат-трансформаторное масло» с повышением температуры уменьшаются. Причем с увеличением времени воздействия напряжения зависимость $U_{пр}$ от температуры усиливается. Связь между пробивными напряжениями и температурой для изоляции «полиметилметакрилат-трансформаторное масло» более сильная, чем связь между $U_{пр}$ и температурой для изоляции «поликапролактан-трансформаторное масло».

Т а б л и ц а 2

Материал	Коэффициент корреляции		
	длительность фронта		импульса, сек
	$2 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-6}$
Полиэтилен низкого давления-трансформаторное масло	-0,19	-0,16	-0,09
Полипропилен -трансформаторное масло	-0,20	-0,18	-0,10
Политетрафторэтилен-трансформаторное масло	-0,20	-0,17	-0,14
Поликапролактан - трансформаторное масло	-0,38	-0,40	-0,59
Полиметилметакрилат-трансформаторное масло	-0,50	-0,76	-0,80

Найденные коэффициенты корреляции между импульсными напряжениями пробоя и температурой полимерных диэлектриков и их комбинаций с трансформаторным маслом позволяют сделать следующие выводы:

1. Импульсные напряжения пробоя полиэтилена низкого давления, политетрафторэтилена и полипропилена практически не зависят от температуры при временах воздействия напряжения от $2 \cdot 10^{-7}$ до $3 \cdot 10^{-6}$ сек в диапазоне температур от -40 до $+90^{\circ}\text{C}$. Импульсные напряжения поликапролактама с повышением температуры незначительно уменьшаются. Сильная зависимость $U_{пр}$ от температуры наблюдается у полиметилметакрилата и полиизобутилена. Пробивные напряжения последних с ростом температуры снижаются.

2. Зависимость импульсных пробивных напряжений комбинированной изоляции от температуры в основном определяется температурной зависимостью диэлектрика, находящегося в области высоких напряженностей поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Г. Венецкий, Г. С. Кильдишев. Основы математической статистики. Госстатиздат, М., 1963.