ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 204 1971

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]

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

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* ($\mathbf{U}_{пр}$ — в *кв*, температура — градусах Кельвина).

Знак минус перед коэффициентами корреляции означает, что связь между пробивными напряжениями и температурой обратная, т. е. с ростом температуры $\mathbf{U}_{пр}$ 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°С при исследованных временах воздействия напряжения. Следовательно, импульсные пробивные напряжения вы-

Таблица 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
Поликапролактам	—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 бо́льшим влиянием изменения плотности данного материала в диапазоне от — 40 до + 90°С.

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 «поликапролактам-

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 напряженимя и температурой для изоляции «полиметилметакрилат-трансформаторное масло» более сильная, чем связь между $U_{пр}$ и температурой для изоляции «поликапролактам-трансформаторное масло».

Таблица 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
Поликапролактам - 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°С. 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.