

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАРАБОТКИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Журиков Р.Н.¹, Невмывака А.Н.²

¹Томск, НИ Томский политехнический университет;

Инженерная школа энергетики, гр. 3-А1-27,

e-mail: rnz4@tpu.ru

²Северодвинск, АО «СПО «Арктика»

Согласно отраслевым стандартам в области надежности высоковольтных кабелей, применяется метод статистического прогнозирования тренда технических параметров изделий путем испытаний в форсированных условиях и режимах (прямой способ подтверждения надежности). При этом надежность представляет собой комплексное свойство, включающее безотказность, долговечность и сохраняемость. Для кабельных изделий одним из главных показателей надежности выступают безотказность и долговечность [1, 2].

Наработка до отказа изделий, предназначенных для работы в режиме непрерывного или периодического воздействия импульсного или переменного напряжения, подтверждаемая прямым способом, определяется проведением испытаний на подтверждение способности кабельного изделия непрерывно выполнять требуемые функции в течение некоторого времени в заданных режимах и условиях применения.

Согласно нормативным требованиям (например, ОСТ 16.800.438–77), минимальная наработка до отказа высоковольтных кабельных изделий подтверждается при трех значениях длительного прикладываемого испытательного электрического напряжения, превышающего номинальное рабочее напряжение на значения повышающих коэффициентов, устанавливаемых как правило в технических условиях на изделия [3]. Для каждого значения испытательного электрического напряжения комплектуются выборки по десять образцов в каждой. Все образцы испытываются при максимальной температуре при эксплуатации до пробоя изоляции. В пределах каждой выборки образцы нумеруются в порядке возрастания времени воздействия электрического напряжения до пробоя изоляции. Полученные результаты отображаются на графике в системе координат в логарифмическом масштабе. Значения подтвержденной наработки до отказа устанавливается посредством экстраполяции полученной «кривой жизни» в область рабочих напряжений.

Необходимо отметить, что при проведении ряда измерений одной и той же величины неизбежен некоторый разброс значений. При этом могут встретиться измерения с так называемыми «грубыми» ошибками, являющимися результатом естественного статистического отклонения. Их включение в результаты измерений может приводить к нарушению достоверности всей серии измерений.

Для исключения «грубых» ошибок применяют способ, основанный на «правиле трех сигм», которое определяет, что вероятность появления значения, отклоняющегося от среднего арифметического более чем на три значения эмпирического стандарта, равна 0,003, и поэтому результаты, вероятность получения которых меньше 0,003, допустимо считать «промахами» [4, 5].

С целью первичного определения оценки результатов испытаний на наличие значений с большими случайными ошибками может быть использован метод корреляционного анализа, который изучает поведение каждой из величин в зависимости от значений другой величины, а также меру зависимости между рассматриваемыми величинами. Сопоставляя каждому значению одной величины среднее из соответствующих значений другой величины, получают функцию эмпирической регрессии.

Корреляция между величинами называется линейной, если обе функции регрессии линейны. Угловые коэффициенты прямых выражаются через коэффициент корреляции (ρ).

Отсутствие линейной зависимости означает равенство коэффициента корреляции нулю. Чем ближе коэффициент к 1, тем теснее линейная зависимость между величинами, т. е. тем меньше средняя квадратическая ошибка представления каждой из величин с помощью линейной функции другой величины. Таким образом, значение коэффициента корреляции служит также мерой (критерием оценки) линейной зависимости между величинами [6].

Основные выводы по работе:

- долговечность высоковольтных кабелей, подтверждаемая при трех значениях длительного прикладываемого испытательного электрического напряжения до пробоя, превышающего номинальное рабочее напряжение, с последующей экстраполяцией полученной «кривой жизни» в область рабочих напряжений, с необходимой точностью определяется статистически адекватной графической интерполяцией полученных результатов испытаний;
- построение «кривой жизни» для определения минимальной наработки без исключения «грубых» ошибок может нарушать достоверность подтверждения способности кабельного непрерывно сохранять работоспособное состояние в заданных режимах и условиях использования, до достижения предельного состояния в течение минимальной наработки, заданной в технических условиях на изделие;
- при первичном анализе результатов испытаний наличие значений с большими случайными ошибками подтверждается при величине эмпирического коэффициента корреляции менее 0,9; при этом построение «кривой жизни» для определения минимальной наработки должно выполняться при условии обязательного исключения «грубых» ошибок.

Список литературы

1. Румшиский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное руководство. – М.: издательство «Наука». – 1971 г. – 192 с.
2. ГОСТ Р 27.102–2021. Надежность в технике надежность объекта. Термины и определения. Москва: Российский институт стандартизации, 2021. – 35 с.
3. ОСТ 16 0.800.305–84 Отраслевой стандарт. Кабели провода и шнуры. Общие технические требования по надёжности. Методы оценки соответствия требованиям надёжности.
4. ОСТ 16 0.800.438–84 Отраслевой стандарт. Провода высоковольтные монтажные. Общие технические условия.
5. Харьков О.А., Соловьев А.Г. Статистические методы и математическое моделирование: учебное пособие. – М: изд-во СГМУ. – 2017 г. – 164 с.
6. Цыбрий И.К., Мороз К.А., Игнатенко В.И., Вяликов И.Л. Статистическая обработка результатов измерений, издательство «Ростов-на-Дону», ДГТУ, 2021 г., 129 с.