

ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОТ ВРЕМЕНИ СТАРЕНИЯ

Киселевич В. В.¹

1) Гомель, Белоруссия, Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, e-mail: valentinkis@list.ru

Одним из основных параметров, учитываемых при диагностике силовых кабелей, является активное сопротивление их изоляции. Знание зависимости сопротивления изоляции от времени старения позволяет не только оценивать текущее состояние кабелей, но и решать актуальную задачу прогнозирования их ресурсных характеристик. Поэтому целью данной работы является получение временной зависимости сопротивления электрической изоляции.

Положим, что удельное объёмное сопротивление ρ электрической изоляции обратно пропорционально концентрации x носителей заряда, а зависимость x от времени t определяется дифференциальным уравнением

$$dx = a_{\sigma}(x_{\infty} - x)dt, \quad (1)$$

где dx – увеличение концентрации носителей заряда за малый промежуток времени dt ; a_{σ} – коэффициент пропорциональности; x_{∞} – предельная концентрация носителей заряда при $t \rightarrow \infty$. Тогда, решая уравнение (1) и учитывая пропорциональность $\rho \sim 1/x$, можно записать выражение временной зависимости сопротивления электрической изоляции:

$$\rho(t) = \rho_{\infty} + (\rho_0 - \rho_{\infty}) \cdot \exp(-a_{\rho}t), \quad (2)$$

где ρ_{∞} – установившееся сопротивление изоляции при $t \rightarrow \infty$; ρ_0 – начальное сопротивление изоляции при $t=0$; a_{ρ} – коэффициент, характеризующий скорость снижения сопротивления.

Для проверки уравнения (2) были обработаны данные [1] по ускоренному старению объёмных образцов сшитого полиэтилена марки HFDB-4201 ЕС, используемого для изоляции силовых кабелей напряжением 30 кВ. Параметры уравнения (2), найденные для образцов, подвергавшихся тепловому старению при температуре 140 °С в течение $t=1500$ ч, составили: $\rho_0=1,84 \cdot 10^{11}$ Ом·м; $\rho_{\infty}=0,10 \cdot 10^{11}$ Ом·м; $a_{\rho}=0,31 \cdot 10^{-2}$ ч⁻¹. Степень расхождения δ между опытными данными [1] и теоретической зависимостью (2) не превысила 1,6 %. Малое значение δ позволяет судить о возможности применения уравнения (2) для прогнозирования величины сопротивления изоляции кабелей, работающих в тяжёлых термических условиях.

Наряду с этим большую практическую значимость имеет задача определения ресурсных характеристик изоляции кабелей, эксплуатируемых в нормальных условиях. Для её решения выполнена апробация уравнения (2) применительно к данным по электрическому старению бумажной изоляции кабеля ААБл напряжением 10 кВ, находящегося на балансе Гомельского городского района электрических сетей. Начальное сопротивление изоляции, измеренное в момент ввода кабеля в эксплуатацию ($t=0$), и сопротивление, измеренное при проведении последней диагностики ($t=7,15$ лет), после пересчёта на длину 1 км и температуру 20 °С составили 1049,4 и 513,5 МОм·км, соответственно. Знание этих сопротивлений и нормативного значения (0,5 МОм·км) установившегося сопротивления изоляции, выработавшей свой ресурс, дало возможность определить следующие показатели: коэффициент скорости снижения сопротивления ($1,19 \cdot 10^{-5}$ ч⁻¹), остаточный ресурс (39,87 лет) и относительную степень износа (15,2 %) изоляции на момент проведения последней диагностики кабеля. По результатам оценки ресурсных характеристик бумажной изоляции установлено, что кабель эксплуатируется в благоприятных условиях.

Литература

1. Boukezzi L., Boubakeur A. Effect of thermal aging on the electrical characteristics of XLPE for HV cables // Trans. Electr. Electron. Mater. (2018) **19**, no. 5, p. 344–351.