

Список использованных источников

1. Коротинский В. А., Гаркуша К. Э. Перспективы развития возобновляемой энергетики в Беларуси // Энергосбережение. Практикум. – 2009. – № 11.
2. Падалко Л. П. Повышение энергетической безопасности страны // Главный энергетик. – 2010. – № 3.
3. Поспелова Т., Кузьмич Г. Стратегический потенциал ресурсо- и энергосбережения // Энергетика и ТЭК. – 2008г. – № 7/8.
4. Короткевич А., Фомина О. Баланс мощностей Белорусской энергосистемы и проблема регулирования суточного графика нагрузок // Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 4.
5. Быстрицкий Г. Ф., Хлебников Е. А. Микротурбинные установки в малой энергетике. // Главный энергетик. – 2010 г – № 6.

Короткевич М.А., д.т.н., профессор, Дашковский А.А.
Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
Республика Беларусь

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В КАБЕЛЯХ НА НАПРЯЖЕНИЕ
110 КВ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Диэлектрическими потерями в кабелях называют энергию, поглощаемую в изоляции, находящейся под воздействием переменного напряжения, в единицу времени. Определение значения диэлектрических потерь в кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена позволит выяснить их влияние на допустимые токи нагрузки. Указанные потери зависят от номинального напряжения и становятся значительными при определённых уровнях напряжения, соответствующих применяемому изоляционному материалу [1].

Диэлектрические потери мощности в кабелях на единицу длины в каждой фазе W_α , определяются по формуле

$$W_\alpha = \omega C U_\phi^2 \operatorname{tg} \delta, \text{ Вт/м}, \quad (1)$$

где ω – угловая частота, $1/\text{с}$ $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314$ $1/\text{с}$; C – ёмкость на единицу длины, Ф/м ; U_ϕ – фазное напряжение; в сети 110 кВ равно 63,5 кВ; $\operatorname{tg} \delta$ – коэффициент диэлектрических потерь, для кабелей на номинальное напряжение свыше 36 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена без наполнителя равняется 0,001 [1].

Ёмкость C для круглых жил определяется следующим образом:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot 10^{-9}}{18 \ln \left(\frac{D_i}{d_C} \right)}, \text{ Ф/м}, \quad (2)$$

где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость изоляции, для кабелей без наполнителя 2,5 [1]; D_i – наружный диаметр по изоляции (исключая экран по изоляции), мм, $D_i = d_{\text{ж}} + 2\Delta_{\text{эк}} + 2\Delta_{\text{из}}$; d_c – диаметр жилы, включая экран, если он имеется, мм; $d_{\text{ж}}$ – диаметр токопроводящей жилы, мм; $\Delta_{\text{эк}}$ – толщина полупроводящего экрана по жиле, мм; $\Delta_{\text{из}}$ – толщина изоляции из сшитого полиэтилена, мм. $d_c = d_{\text{ж}} + 2\Delta_{\text{эк}}$ Толщину входящих в изоляционную конструкцию кабеля элементов принимаем по [2].

Тепловое сопротивление изоляции (между жилой и экраном) T_1 можно определить:

$$T_1 = \frac{\rho_{\Gamma}}{2\pi} \ln \left(1 + \frac{2\Delta_{\text{из}}}{d_{\text{ж}}} \right), \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м/Вт} \quad (3)$$

где ρ_{Γ} – удельное тепловое сопротивление сшитого полиэтилена, равняется $3,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м/Вт}$ [3].

Тепловое сопротивление между экраном и бронёй T_2 :

$$T_2 = \frac{\rho_{\Gamma}}{2\pi} \ln \left(1 + \frac{2\Delta_{\text{под}}}{D_s} \right), \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м/Вт} \quad (4)$$

где ρ_{Γ} – удельное тепловое сопротивление поливинилхлорида, равняется $6 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м/Вт}$ [3]; $\Delta_{\text{под}}$ – толщина подушки, мм; D_s – наружный диаметр экрана, мм, $D_s = D_i + 2\Delta_{\text{эи}} + 2\Delta_{\text{разд}} + 2d_{\text{экп}}$; $\Delta_{\text{эи}}$ – толщина полупроводящего экрана по изоляции, мм; $\Delta_{\text{разд}}$ – толщина разделительного слоя, мм; $d_{\text{экп}}$ – диаметр проволок медного экрана, мм.

Тепловое сопротивление наружного защитного покрытия T_3 :

$$T_3 = \frac{\rho_{\Gamma}}{2\pi} \ln \left(1 + \frac{2\Delta_{\text{обол}}}{D_a'} \right), \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м/Вт} \quad (5)$$

где $\Delta_{\text{обол}}$ – толщина наружного защитного покрытия, мм; D_a' – наружный диаметр брони, мм, $D_a = D_{\text{вн}} - \Delta_{\text{обол}}$; $D_{\text{вн}}$ – наружный диаметр кабеля, мм.

Тепловое сопротивление окружающей среды T_4 для групп кабелей, проложенных в земле и одинаково нагруженных $\left(\frac{2L}{D_{\text{вн}}} > 5 \right)$:

$$T_4 = \frac{\rho_{\Gamma}}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{4L}{D_{\text{вн}}} \right) - 0,142 \right), \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м/Вт} \quad (6)$$

где ρ_{Γ} – удельное тепловое сопротивление земли, в зависимости от характера грунта может достигать значения от $1,8 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{м/Вт}$; L – глубина заложения кабеля в грунт, равна $1,5 \text{ м}$ для кабелей напряжением 110 кВ .

Температура нагрева кабеля от диэлектрических потерь Q_w :

$$Q_w = W_\alpha (0,5T_1 + T_2 + T_3 + T_4), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

Результаты расчёта диэлектрических потерь мощности и температуры нагрева изоляции от диэлектрических потерь для одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 110 кВ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта параметров кабеля

Площадь поперечного сечения жилы, мм ²	Диэлектрические потери W_α , Вт/м		Температура нагрева кабеля от диэлектрических потерь Q_w , °С	
	Медные жилы	Алюминиевые жилы	Медные жилы	Алюминиевые жилы
1x150(95)	0,169	0,161	0,658	0,688
1x185(95)	0,179	0,172	0,695	0,721
1x240(95)	0,203	0,195	0,776	0,805
1x300(95)	0,230	0,220	0,860	0,896
1x400(95)	0,263	0,252	0,977	1,016
1x500(95)	0,285	0,274	1,043	1,082
1x630(95)	0,313	0,308	1,149	1,167
1x800(95)	0,343	0,328	1,212	1,264
1x1000(95)	0,375	0,357	1,297	1,359

Примечание: в скобках указана площадь поперечного сечения медного экрана кабеля.

Как видно из результатов расчёта, в одножильных кабелях напряжением 110 кВ без наполнителя значения диэлектрических потерь могут достигать 0,375 Вт/м, а температура нагрева изоляции кабеля также незначительна.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р МЭК 60287-1-1-2009. Кабели электрические. Расчёт номинальной токовой нагрузки. Часть 1-1. Уравнение для расчёта номинальной токовой нагрузки (100%-ный коэффициент нагрузки) и расчёт потерь. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2009. – 25 с.
2. Кабели и провода. Каталог продукции. Витебск: Производственное объединение «Энергокомплект», 2019. 136 с.
3. ГОСТ Р МЭК 60287-2-1-2009. Кабели электрические. Расчёт номинальной токовой нагрузки. Часть 2-1. Тепловое сопротивление. Расчёт теплового сопротивления. – М.: Стандартинформ, 2009. – 31 с.