

Распределение напряженности электрического поля в высоковольтных кабелях с изоляцией из полиимидов алициклического строения

В большинстве случаев при конструировании электрической изоляции не удается использовать ее форму с точки зрения получения наиболее выгодного для работы электроизоляционных материалов равномерного поля. Действительно, трудно представить кабель с токопроводящими жилами в виде бесконечных плоских электродов, при которых только и можно получить равномерное поле. В равномерном поле участки электроизоляционного материала нагружаются практически одинаковой напряженностью поля, т.е. имеет место наилучшее его использование. В неравномерном поле отдельные участки электроизоляционной конструкции несут повышенную электрическую нагрузку, что может привести к быстрому разрушению материалов перегруженных областей, а на оставшиеся части будет действовать повышенная напряженность поля, что поведет к их разрушению.

В связи с этим представляет интерес расчет напряженности электрического поля кабеля на напряжение 500 кВ, изолированного пленкой марки ПИФ_{АБ} из полиимида алициклического строения. Этот полиимид был разработан в Институте химических наук им. АБ. Бектурова, имеет алициклическое строение и по всем электрофизическим параметрам не уступает полиимидам ароматического строения.

Полученные расчетные геометрические параметры для рассматриваемого кабеля, а также параметры кабеля для данного класса напряжения из сшитого полиэтилена (СШПЭ) разных сечений, приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Сравнительные размеры кабелей с изоляцией из СШПЭ и ПИФ_{АБ} на напряжение 500 кВ, сечение жилы 800 мм²

Параметры	Кабель из СШПЭ	Кабель из ПИФ _{АБ}
Радиус жилы	r = 16 мм	r = 16 мм
Радиус по изоляции	R = 51,5 мм	R = 27,5 мм
Диаметр по изоляции	Ø = 103 мм	Ø = 55 мм
Толщина изоляции	Δ = 34 мм	Δ = 11,5 мм
Сечение экрана	S _{экp} = 185 мм ²	S _{экp} = 185 мм ²
Толщина защитного покрова	Δ = 8,5 мм	Δ = 8,5 мм
Наружный диаметр кабеля	Ø = 120 мм	Ø = 72 мм

Таблица 2 – Сравнительные размеры кабелей с изоляцией из СШПЭ и ПИФ_{АБ} на напряжение 500 кВ, сечение жилы 3000 мм²

Параметры	Кабель из СШПЭ	Кабель из ПИФ _{АБ}
Радиус жилы	r = 36 мм	r = 36 мм
Радиус по изоляции	R = 69 мм	R = 45,3 мм
Диаметр по изоляции	Ø = 138 мм	Ø = 91,6 мм
Толщина изоляции	Δ = 31 мм	Δ = 9,6 мм
Наружный диаметр кабеля	Ø = 158 мм	Ø = 111,6 мм
Сечение экрана	S _{экp} = 185 мм ²	S _{экp} = 185 мм ²
Толщина защитного покрова	Δ = 10 мм	Δ = 10 мм

Проведенные комплексные исследования по изучению основных электрических и механических свойств этих полиимидов показали, что они могут использоваться в качестве надежной изоляции электрических машин взамен или наряду с другими полимерами.

Как видно из таблиц 1 и 2, толщина изоляции кабеля, изолированного полиимидной пленкой ПИФ_{АБ}, почти в 3 раза меньше, чем при изоляции из сшитого полиэтилена, что соответственно изменяет вес и габариты кабеля также в 3 раза. При этом необходимо учитывать, что все электрические и тепловые характеристики у пленок ПИФ_{АБ} гораздо выше, чем у СШПЭ.

Для расчета напряженности электрического поля необходимо учесть, что сети с номинальным напряжением 3-35 кВ имеют изолированную или резонансно-заземленную нейтраль, а 110 и выше – заземленную нейтраль. Таким образом, рабочее напряжение электрической изоляции класса 3-35 кВ принимается равным наибольшему рабочему напряжению электрооборудования, а класса 110 и выше – наибольшему фазному напряжению, т.е. наибольшему рабочему напряжению электрооборудования, деленному на $\sqrt{3}$. Для класса напряжения 500 кВ наибольшее рабочее напряжение равно 525 кВ. Для расчета напряженности электрического поля принимаем U равно $525/\sqrt{3}$.

Напряженность электрического поля получают из общей зависимости:

$$E = \frac{U}{2,3x \lg R/r} [B/cm]. \tag{1}$$

В большинстве случаев важны максимальная и минимальная величины напряженности электрического поля, получаемые из общей зависимости (2) и (3):

$$E_{max} = \frac{U}{2,3r \lg R/r} [B/cm]. \tag{2}$$

$$E_{min} = \frac{U}{2,3R \lg R/r} [B/cm]. \tag{3}$$

Напряженность электрического поля у поверхности с меньшим радиусом имеет максимальное значение. Таким образом, если вблизи внутреннего электрода материал напряжен до предела, то у внешней поверхности он недогружен. Это подтверждается расчетами, проведенными для кабелей разных сечений, изолированных полиимидом и сшитым полиэтиленом. Например, для кабеля, изолированного полиимидной пленкой ПИФ_{АБ}, сечением 800 мм²:

$$E_{max} = \frac{525}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2,3 \cdot 16 \cdot \lg \frac{27,5}{16}} = 35 \text{ кВ/мм},$$

$$E_{min} = \frac{525}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2,3 \cdot 27,5 \lg \frac{27,5}{16}} = 20,375 \text{ кВ/мм}.$$

Аналогичным образом рассчитаны значения максимальных и минимальных напряженностей поля для кабеля сечением 3000 мм² и кабелей, изолированных сшитым полиэтиленом (таблица 3).

Таблица 3 – Напряженности электрического поля в кабелях

Кабели	Сечение S , мм ²	Изоляция из ПИФ _{АБ}	Изоляция из СШПЭ
E_{\max} , кВ/мм	800	35	16,25
E_{\min} , кВ/мм	800	20,4	5,42
E_{\max} , кВ/мм	3000	36,7	12,96
E_{\min} , кВ/мм	3000	29,2	6,9

Из таблицы видно, что разница между максимальными и минимальными значениями напряженностей электрического поля составляют, примерно, 10-15 кВ/мм. Для пленки ПИФ_{АБ} электрическая прочность составляет, примерно, 200-220 кВ/мм, с этой точки зрения перепад в 10-15 кВ/мм считается неопасным и по величине сопоставимым с перепадом напряженностей у кабеля с изоляцией из СШПЭ. Но в любом случае, для данной изоляции есть возможность получения пленок с различными величинами диэлектрической проницаемости и можно провести градирование

изоляции по емкости. В стандартных кабелях, выпускаемых заводами-изготовителями, изолированными сшитым полиэтиленом (СШПЭ) градирование не проведено, хотя перепад напряженностей электрического поля примерно такой же, как и в нашем случае. В этих кабелях применили экранирование по жиле и по изоляции полупроводящим полиэтиленом.

Выводы

1. Приведены параметры электрического кабеля, рассчитанные с новой изоляцией из полиимидов алициклического строения (ПИФ_{АБ}) на 500 кВ с разными сечениями и показаны для сравнения габаритные размеры кабелей на такое же напряжение с изоляцией из сшитого полиэтилена (СШПЭ).

2. Установлено, что толщина изоляции кабеля, изолированного полиимидной пленкой ПИФ_{АБ} почти в 3 раза меньше, чем при изоляции из сшитого полиэтилена, что соответственно изменяет вес и габариты кабеля также в 3 раза.

3. Напряженность электрического поля кабеля у жилы имеет максимальное значение, близкое к допустимой рабочей напряженности. Распределение напряженности по толщине изоляции соответствует общепринятым закономерностям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михалков А.В. Техника высоких напряжений в примерах и задачах. М.: Высшая школа. 1965. 228 с.
2. Дмитриевский В.С. Расчет и конструирование электрической изоляции. М.: Энергоиздат 1981. 392 с.
3. Украинский Ю.М., Пак В.М. Создание современных электроизоляционных материалов и систем изоляции для тяговых электродвигателей нового поколения электровозов // Электротехника. 1999. № 3. С. 53-55.
4. Жубанов Б.А., Бекмагамбетова К.Х., Кравцова В.Д., Пленки из алициклических полиимидов и их основные электрические свойства // Химический журнал Казахстана. Алматы: 2009. № 3. С.68-91.
5. Жубанов Б.А., Кравцова В.Д., Бекмагамбетова К.Х. Новые полимерные системы на основе алициклических полиимидов. // Журнал прикладной химии. РФ. М.: 2006. Т. 79. Вып 11. С.1890-1891.

УДК 669.77:1546.244+536.631

РУСТЕМБЕКОВ К.Т.

Калориметрия нового дителлуритоцинката кальция

В современной неорганической химии получение новых соединений, изучение их разнообразных химических и физических свойств не только обогащают наши знания о природе вещей, но и имеет научное и прикладное значение для науки и техники. Это касается и новых неорганических соединений, потенциально обладающих ценными электрофизическими свойствами. В этом аспекте исследование химических и физико-химических свойств соединений на основе оксидов теллура (IV), d-элементов и карбонатов щелочно-земельных (щелочных) металлов имеет теоретическое и прикладное значение в связи с их возможными уникальными электрофизическими свойствами.

На кафедре неорганической и технической химии КарГУ им. Е.А. Букетова на протяжении ряда лет проводятся систематические исследования по поиску и разработке научных основ направленного синтеза новых оксосоединений селена и теллура с уникальными электрофизическими свойствами [1]. Современная, взаимосогласованная термодинамическая информация новых сложных оксосоединений селена и теллура необходима для определения направления протекания

реакций, протекающих в этих системах, для решения вопроса о возможности самопроизвольного протекания той или иной реакции в заданных условиях, определения значений констант равновесия, а также для решения ряда теоретических проблем, связанных с определением энергии и природы химической связи. Знание термодинамических и термодинамических свойств сложных оксосоединений необходимо также для создания информационного банка данных термодинамических величин, моделирования процессов синтеза новых веществ с заданными характеристиками и выявления фундаментальной зависимости «структура – энергетика – свойства» у синтезируемых веществ.

В данной работе приводятся результаты калориметрического исследования теплоемкости нового дителлуритоцинката кальция или теллурита кальция-цинка – CaZn(TeO₃)₂. Для синтеза двойного теллурита использовали оксид теллура (IV) марки «ос.ч.», оксид цинка и карбонат кальция квалификации «х.ч.». Методика синтеза аналогична, приведенной в работе [2]. Индивидуальность соединения контролировалась методами рентгенофазового и химического анализов.