

Свойства материалов изоляции и оболочки кабелей

Только для базовых материалов. Изменения возможны в зависимости от применения/конструкции. Смотрите соответствующую страницу каталога.

Критерии применения	Материал					
	Материал, стойкий к биомаслам	Поливинилхлорид	Полиэтилен	Полиуретан	Политетрафторэтилен	Тетрафторэтилен Гексафторполиэтилен Сополимер
Параметр	Специальный TPE	PВХ	PE	PUR	PTFE	FEP
Аббревиатура	—	Y	2Y	11Y	5Y	6Y
Обозначение в соотв. с VDE	—	Y	2Y	11Y	5Y	6Y
Температурный диапазон	-50 +120	-30 +70	-50 +70	-50 +90	-190 +260	-100 +200
Диэлектрическая постоянная	2,4	4,0	2,3	4,0 – 6,0	2,1	2,1
Удельное объёмное электрическое сопротивление ($\Omega \times \text{см}$)	10^{15}	$10^{12} - 10^{15}$	10^{17}	10^{12}	10^{18}	10^{18}
Разрывная прочность Н/мм ² (МПа)	5 – 20	10 – 25	15 – 30	15 – 45	15 – 40	20 – 25
Относительное удлинение, %	400 – 600	150 – 400	400 – 800	300 – 600	240 – 400	250 – 350
Водопоглощение (20 °C), %	1 – 2	0,4	0,1	1,5	0,01	0,01
Погодостойкость	очень хорошая	хорошая	хорошая	очень хорошая	очень хорошая	очень хорошая
Стойкость к топливам	хорошая	умеренная	умеренная	хорошая	очень хорошая	очень хорошая
Маслостойкость	стойкость к биомаслам: очень хорошая	умеренная	умеренная	хорошая	очень хорошая	очень хорошая
Огнестойкость	горючий	самозатухающий	горючий	самозатухающий*	негорючий	негорючий

Критерии применения	Материал					
	Этилен тетрафторэтилен	Хлорпропеновая резина	Силиконовая резина	Этилен пропилен диен каучук	Термопластичный эластомер на основе полиэфирна	Термопластичный эластомер на основе полиэстера
Параметр	ETFE	CR	SI	EPDM	TPE-O	TPE-E
Аббревиатура	ETFE	CR	SI	EPDM	TPE-O	TPE-E
Обозначение в соотв. с VDE	7Y	5G	2G	3G	—	12Y
Температурный диапазон	-100 +150	-40 +100	-60 +180	-30 +120	-40 +120	-70 +125
Диэлектрическая постоянная	2,6	6,0 – 8,0	2,8 – 3,2	3,2	2,7 – 3,6	3,7 – 5,1
Удельное объёмное электрическое сопротивление ($\Omega \times \text{см}$)	10^{16}	10^{13}	10^{15}	10^{14}	5×10^{14}	10^{12}
Разрывная прочность Н/мм ² (МПа)	40 – 50	10 – 25	5 – 10	5 – 25	≥ 6	3 – 25
Относительное удлинение, %	100 – 300	300 – 450	200 – 350	200 – 450	≥ 400	280 – 650
Водопоглощение (20 °C), %	0,01	1	1,0	0,02	1,5	0,3 – 0,6
Погодостойкость	очень хорошая	очень хорошая	очень хорошая	хорошая	умеренная	очень хорошая
Стойкость к топливам	очень хорошая	умеренная	слабая	умеренная	умеренная	хорошая
Маслостойкость	очень хорошая	хорошая	умеренная	умеренная	умеренная	очень хорошая
Огнестойкость	негорючий	самозатухающий	трудно воспламеняемый	горючий	горючий	горючий

* только с дополнительной защитой от пламени

Сопротивление изоляции

Изоляция кабелей и проводов используется для электрической изоляции отдельных проводников. По этой причине, в отличие от проводника, изоляция должна иметь очень высокое электрическое сопротивление (которое также может быть выражено в виде низкой проводимости).

Для достижения этой цели может быть использован целый ряд различных материалов. Механические и электрические свойства этих материалов могут отличаться. Наиболее часто используемые материалы это смеси на основе ПВХ, ПЭ или ТРЕ.

Терминология

Существует много различных терминов для описания сопротивления изоляции. Чтобы помочь разделить и лучше понять эти термины, объясним их кратко ниже.

Удельное объёмное сопротивление

Значение сопротивления, полученного в результате измерения при подачи напряжения на испытательный образец. Это результаты теста, в котором напряжение подключают к двум электродам, которые крепятся к поверхности испытываемого образца (например, изоляция проводов), и пускают ток между этими электродами.

Удельное объёмное электрическое сопротивление (удельное сопротивление контакта)

Это относительная величина, которая зависит от свойств материала электрической изоляции. На практике это значение относится к единице объема; оно, как правило, измеряется в $\Omega \times \text{см}$. Для ПВХ изоляции оно равно: $> 20 \text{ ГОм} \times \text{см}$

Изоляционное сопротивление

Сопротивление изоляции для кабеля может быть определено из объёмного сопротивления и отношения внешнего диаметра сердцевин к диаметру проводника. Обычно измеряется в $\text{МОм} \times \text{км}$ или $\text{ГОм} \times \text{км}$.

В типичных стандартах для кабелей и проводов, как правило, требуются минимальные значения сопротивления изоляции. Эти значения приведены для максимальной рабочей температуры в зависимости от номинального поперечного сечения и изоляции толщины стенки.

Например: Для маслостойкого кабеля управления H05VV5-F, эти значения определены в EN 50525-2-51. Минимальное значение сопротивления изоляции в $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ должно быть не менее $0,010 \text{ МОм} \times \text{км}$.

В действительности значения часто на порядок и более выше требований стандарта.

Методы измерения

Должно быть различие между лабораторными измерениями, проводимыми на жиле для испытания изоляции, и реальными, полными измерениями используемых кабелей и проводов.

Определение сопротивления изоляции и удельного объёмного сопротивления сердечника

Доказательство соблюдения вышеуказанных требований достигается с испытаниями в соответствии с EN 50395 (VDE 0481-395). Для этой цели полностью оголяют 5-метровый образец кабеля, и жилу помещают в водяную баню в на 2 часа. Водяную баню предварительно нагревают до максимальной рабочей температуры кабеля (проводится для кабелей с максимальной температурой на жиле до $90 \text{ }^\circ\text{C}$).

Между проводником и водяной баней подаётся $80 - 500 \text{ В}$ постоянного тока, и через 1 минуту измеряется сопротивление изоляции на каждой жиле. Это значение сопротивления изоляции длиной 1 км рассчитывается для каждой жилы. Ни одно из расчетных значений не должно быть ниже установленного минимального значения в стандарте. См. тему выше: "сопротивления изоляции".

Объёмное сопротивление может быть использовано для сравнения, так как оно постоянно для каждого материала и не зависит от толщины изоляции и поперечного сечения проводника.

В практической литературе эти значения используются для сравнения различных материалов и представляют собой способ измерения для производителей кабелей и проводов.

Основная система измерений

Вышеупомянутые коэффициенты нельзя сравнивать с коэффициентами сопротивления, которые определяются посредством "сухого измерения" на всем кабеле или на установленных кабелях. В таких случаях коэффициент сопротивления определяется с использованием блуждающего тока между двумя примыкающими сердцевинами внутри кабеля и напряжения прибора.

Расчёт с использованием этого метода имеет очень высокую долю погрешности, поскольку находится под влиянием многочисленных факторов, таких как:

- Кондиционирование кабеля, в плане поглощения влаги изоляцией
- Климатические условия во время измерений, в частности температура кабеля
- Индивидуальные условия контакта изоляции обоих жил
- Проводимости материалов, которые имеют общую площадь контакта с изолированными жилами
- В случае монтажа кабеля, в местах, в которых кабель подлжит внешнему давлению, например, за счет изгиба или зажима (кабельные вводы), может произойти деформации изоляции. Это увеличивает площадь контакта между изолированными жилами, что увеличивает ток утечки, и в результате создаётся более низкое значение сопротивления изоляции.

Вышеупомянутые эффекты от температуры и влажности воздуха являются существенными и могут значительно различаться в практических ситуациях, так как условия не стандартизированы. Например, измерения показали, что между $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (общие температура окружающей среды) и $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (Максимальная рабочая температура кабеля) электрическое сопротивление изоляции может измениться на коэффициент $1:100$ до $1:1000$. Это означает, что температура во время измерения имеет настолько большой эффект, что результаты измерений, выполненных при разных температурах являются не сопоставимыми.

Заключение

Предоставленные данные о кабеле можно использовать для сравнения разных типов кабеля, но ни при каких обстоятельствах нельзя их использовать для сравнения с измерениями нерабочих кабелей или электрических систем (таких как в VDE - Часть 6).