

## 2.11. Диэлектрическая проницаемость газообразных, жидких и твердых диэлектриков

**Газообразные вещества** характеризуются весьма малой плотностью вследствие больших расстояний между молекулами. Поэтому поляризация всех газов незначительная, и относительная диэлектрическая проницаемость их близка к единице. Поляризация газа может быть чисто электронной или же дипольной, если молекулы газа полярны. Но даже и для полярных газов основное значение имеет электронная поляризация. Относительная диэлектрическая проницаемость газов тем выше, чем больше радиус молекулы.

Величину  $T_{к\varepsilon}$  для неполярного газа можно найти по формуле (2.41).

$$T_{к\varepsilon} = -\frac{(\varepsilon - 1)}{T}. \quad (2.41)$$

Например, для воздуха при  $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$

$$T_{к\varepsilon} = -\frac{1,00058 - 1}{293} = -2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}.$$

**Жидкие диэлектрики** могут быть построены из неполярных или полярных молекул. Значение относительной диэлектрической проницаемости неполярных жидкостей невелико и обычно не превышает значения 2,5. Например, для трансформаторного масла  $\varepsilon_r = 2,1\text{—}2,4$ . Зависимость относительной диэлектрической проницаемости от температуры для неполярной жидкости связана с уменьшением числа молекул в единице объема. От частоты приложенного напряжения  $\varepsilon_r$  для неполярной жидкости не зависит.

Значение  $\varepsilon_r$  для полярных жидкостей лежит в пределах от 3,5 до 5. Например, совол имеет значение  $\varepsilon_r = 5$ . Температурная зависимость  $\varepsilon_r$  для совола показана на рис. 2.29, а, из которого видно, что для полярных жидкостей эта зависимость имеет более сложный характер, чем для неполярных. Сильно полярные жидкости характеризуются очень высоким значением относительной диэлектрической проницаемости. Например, дистиллированная вода имеет  $\varepsilon_r = 80$ . Однако практического применения в качестве диэлектрика вода не находит вследствие ее большой проводимости. При переходе воды из жидкого состояния в твердое относительная диэлектрическая проницаемость уменьшается от значения 80 до 2,85.

Значительное влияние на  $\varepsilon_r$  дипольной жидкости имеет частота (рис. 2.31, б). Пока частота мала и диполи успевают следовать за полем,  $\varepsilon_r$  близка к значению, измеренному при постоянном напряжении. Когда же частота становится настолько большой, что диполи уже не успевают следовать за изменением поля, диэлектрическая проницаемость уменьшается, стремясь к значению, обусловленному электронной поляризацией.

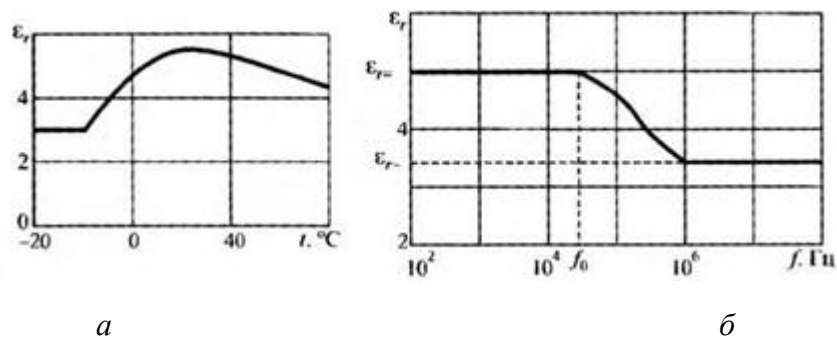


Рис. 2.31. Зависимость относительной диэлектрической проницаемости от температуры (а) и частоты (б) для полярной жидкости - сорбита

В **твердых телах** в зависимости от структуры диэлектрика возможны все виды поляризации. Поэтому  $\epsilon_r$  твердых тел может принимать самые различные численные значения. Для твердых неполярных диэлектриков характерны те же зависимости, что и для неполярных жидкостей и газов. На рис. 2.32 показана температурная зависимость  $\epsilon_r$  для парафина. При переходе парафина из твердого состояния в жидкое (температура плавления составляет 54 °С) происходит резкое уменьшение  $\epsilon_r$ , вследствие сильного понижения плотности вещества.

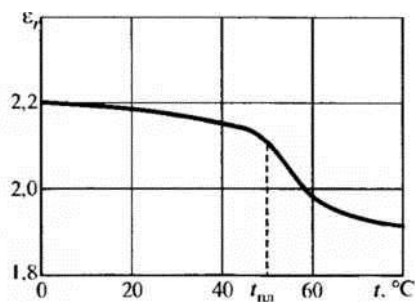


Рис. 2.32. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для неполярного диэлектрика-парафина

Твердые диэлектрики, представляющие собой ионные кристаллы с неплотной упаковкой частиц, в которых наблюдается помимо электронной и ионной также и ионно-релаксационная поляризация, характеризуются в большинстве случаев большим положительным температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости ТК  $\epsilon_r$ . Примером может служить электротехнический фарфор,  $\epsilon_r$  которого в зависимости от температуры приведена на рис. 2.33.

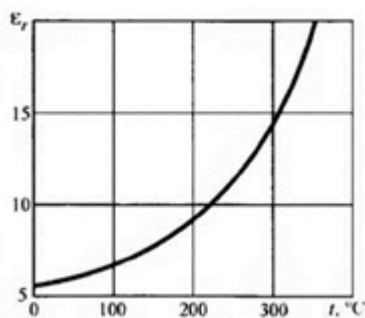


Рис. 2.33. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости электротехнического фарфора

Полярные органические диэлектрики характеризуются дипольной поляризацией. Диэлектрическая проницаемость указанных материалов в большой степени зависит от частоты приложенного напряжения, подчиняясь тем же закономерностям, какие наблюдаются для полярных жидкостей.

В таблице показаны основные виды поляризации и значения диэлектрической проницаемости некоторых газообразных, жидких и твердых диэлектриках.

Таблица 2.3.

Материал	Диэлектрическая проницаемость	Полярность	Виды поляризации
Газы			
Воздух	1.00058	неполярный	электронная
Элегаз	1.00191	неполярный	электронная
Аммиак	1.0066	полярный	Электронная, дипольная
Жидкости			
Кабельное масло МН-4	2.2	неполярный	электронная
Бензол	2.218	неполярный	электронная
Трихлордифенил	5.9	полярный	электронная, дипольная
Твердые диэлектрики			
Парафин	1.9 – 2.2	неполярный	электронная
Полистирол	2.2 – 2.6	неполярный	электронная
Органическое стекло	4.0	полярное	электронная, дипольно-релаксационная
Фенолформальдегидная смола	4.5	полярная	электронная, дипольно-релаксационная
Каменная соль	6.0	неполярная	электронная, ионная
Титанат кальция	150	полярный	электронная, ионная, электронно-релаксационная
Сегнетокерамика ВК-3	20000	полярная	электронная, ионная, спонтанная
Бариевое стекло	10	полярное	электронная, ионная, ионно-релаксационная