

ТЕМА 5. ТИПИ ДІЕЛЕКТРИКІВ. ЕЛЕКТРОННА І ОРІЄНТАЦІЙНА ПОЛЯРИЗАЦІЯ

§1. Типи діелектриків

Діелектриками (або ізоляторами) називаються речовини, нездатні проводити електричний струм.

У природі ідеальних ізоляторів не існує, вони проводять струм в 10^{15} - 10^{20} разів гірше, ніж провідники.

Питомий опір діелектриків становить $\rho \approx 10^{15}$ Ом·м. У діелектриках немає вільних електричних зарядів (електронів), як в металах або інших провідниках.

Кожна молекула (або атом) діелектрика має позитивно заряджені ядра і негативно заряджені електрони, які рухаються навколо ядер. Позитивні заряди всіх ядер дорівнюють абсолютній величині заряду всіх електронів, а тому молекула речовини загалом електрично нейтральна.

Вивчаючи електричні властивості діелектриків, молекули діелектриків можна зобразити як систему, що складається з двох точкових зарядів.

Замінімо всі позитивні заряди ядер молекули одним сумарним зарядом $+q$, що перебуває в центрі мас позитивних зарядів, а всі негативні заряди – одним сумарним негативним зарядом $-q$, що перебуває в центрі маси негативних зарядів. Тоді молекулу діелектрика можна розглядати як диполь, який складається із зарядів $+q$ і $-q$.

Діелектрики поділяються на три типи.

I. Неполлярні діелектрики – це діелектрики, які складаються з молекул, центри мас позитивних і негативних зарядів яких збігаються за відсутності електричного поля (рис. 21).

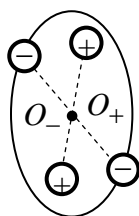


Рис. 21

Прикладом неполярних діелектриків є гази N_2 , H_2 , O_2 , CO_2 , CH_4 . Молекули таких діелектриків називаються **неполярними**. Дипольний момент таких молекул за відсутності зовнішнього електричного поля дорівнює нулю.

II. Полярні діелектрики – це діелектрики, в яких центри мас позитивних і негативних зарядів не збігаються, тобто мають асиметричну будову (рис. 22).

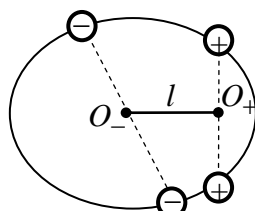


Рис. 22

До полярних діелектриків належать гази SO_2 , H_2S , NH_3 та ін., рідини – вода H_2O , соляна кислота HCl , бензол C_6H_6 тощо.

Молекули таких діелектриків називають **полярними**. Ці молекули за відсутності зовнішнього поля мають дипольні моменти $\vec{p}_0 = q\vec{l}$. Їх називають жорсткими диполями.

III. Іонні діелектрики – це речовини, молекули яких мають іонну будову.

Прикладом таких діелектриків є $NaCl$, KCl та інші. Іонні кристали є просторовими ґратками з правильним чергуванням іонів різних знаків (рис. 23). У цих кристалах

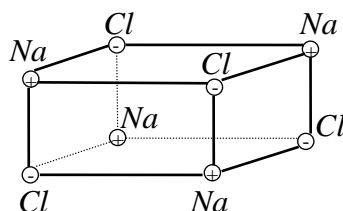


Рис. 23

не можна виділити окремі молекули. Іонні кристали необхідно розглядати як систему вміщених одна в одну іонних підґраток. У цих діелектриках кожна пара сусідніх різноіменних іонів подібна до диполя.

§2. ЕЛЕКТРОННА І ОРІЄНТАЦІЙНА ПОЛЯРИЗАЦІЯ ДІЕЛЕКТРИКІВ

I. Неполярні діелектрики. Електронна поляризація

Розглянемо, що відбувається з діелектриками при внесенні їх в однорідне електричне поле.

Сили, з якими електричне поле діє на позитивні і негативні заряди молекул, напрямлені протилежно і тому розсувають їх. В електричному полі центри мас позитивних і негативних зарядів кожної молекули не збігаються, а зміщені на відстань

l між ними (рис. 24). Чим більша напруженість поля \vec{E} , тим на більшу відстань l

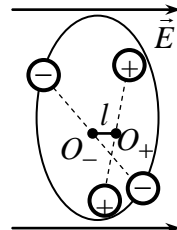


Рис. 24

розсуваються заряди протилежних знаків. Молекула з неполярної перетворюється в полярну з дипольним моментом \vec{p} . Оскільки $l \sim E$, а $p = ql$, то $p \sim E$, або:

$$\vec{p} = \beta \epsilon_0 \vec{E},$$

β - поляризованість окремої молекули діелектрика. Величина β має неоднакові значення для атомів і молекул різних речовин. Поляризованість β характеризує здатність електронів в атомі або в молекулі зміщуватись під дією сил електричного поля.

Дипольні моменти \vec{p} молекул неполярних діелектриків називають індукованими або квазіпружними. При внесенні неполярного діелектрика в електричне поле всі індуковані дипольні моменти розміщуються ланцюжками вздовж ліній напруженості \vec{E} (рис. 25), де \bullet - негативні заряди, а \circ - позитивні. Внаслідок цього грані діелектрика

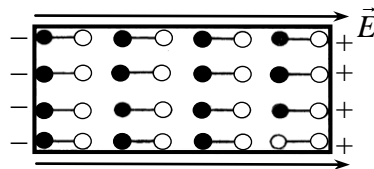


Рис. 25

набувають різноіменних зарядів – діелектрик поляризується. Такого роду поляризація діелектрика називається **електронною**.

II. Полярні діелектрики. Дипольна, або орієнтаційна поляризація

Якщо діелектрик з полярними молекулами не перебуває у зовнішньому електричному полі, то внаслідок хаотичного теплового руху молекул вектори їхніх дипольних моментів орієнтовані хаотично (рис. 26а). Тому векторна сума дипольних моментів всіх молекул, які перебувають у довільному об'ємі V діелектрика, дорівнює нулю.

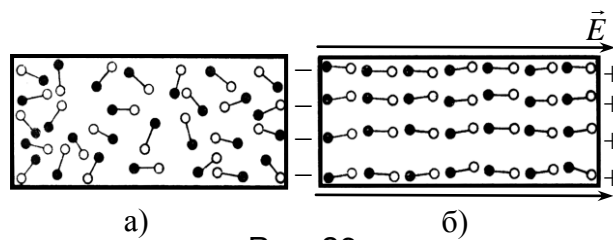


Рис. 26

Якщо діелектрик з полярними молекулами внести в електричне поле, то під дією поля полярні молекули діелектрика намагаються повернутись так, щоб вектори їх дипольних моментів збігалися з напрямком вектора напруженості поля \vec{E} (рис. 26б). Але тепловий рух молекул хаотично розкидає диполі і заважає орієнтації всіх векторів \vec{p} (дипольних моментів) вздовж поля. Внаслідок спільної дії цих двох факторів в діелектрику переважає орієнтація дипольних моментів молекул вздовж поля. Ця орієнтація буде тим повнішою, чим сильніше електричне поле в діелектрику і чим слабший тепловий рух молекул, тобто чим нижча температура. Цей процес називають **орієнтаційною поляризацією** діелектрика.

III. Іонні діелектрики. Іонна поляризація

У кристалічних діелектриках, які мають кубічні кристалічні ґратки (*NaCl*, *KCl*, *NaI* та інші) під дією електричного поля всі позитивні іони зміщуються в напрямку напруженості поля \vec{E} , а всі негативні іони – в протилежному напрямку (рис. 27). При цьому в кожній одиниці об'єму кристала перебуває однакова кількість позитивних і негативних іонів, а на кожній з двох протилежних граней кристала, перпендикулярних до вектора напруженості електричного поля, містяться іони якого-небудь одного знака. Такий вид поляризації називають **іонною поляризацією**.

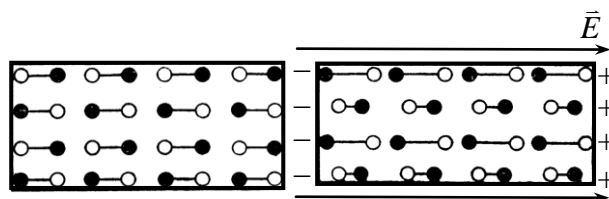


Рис. 27

Заряди, які виникають на гранях діелектрика, не вільні, вони зв'язані з атомами та молекулами речовини.

Явище обмеженого зміщення зарядів в атомах і молекулах або напрямленої орієнтації дипольних моментів жорстких молекул в зовнішньому електричному полі, внаслідок якого на поверхні діелектрика виникають зв'язані електричні заряди, називається поляризацією діелектриків.

IV. Вектор поляризації

Ступінь поляризації діелектрика характеризується вектором поляризації, або поляризованістю.

Вектором поляризації називають границю відношення електричного моменту деякого об'єму діелектрика до цього об'єму, коли об'єм прямує до нуля:

$$\vec{P} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^n \vec{p}_i}{V},$$

де \vec{p}_i – дипольний момент i -го диполя, n – кількість диполів, які знаходяться в об'ємі V . Отже, вектор \vec{P} є дипольним моментом одиниці об'єму діелектрика, який виникає при його поляризації.

Для однорідного діелектрика, який перебуває в однорідному електричному полі, справедлива рівність:

$$\vec{P} = n\vec{p},$$

де n – кількість молекул в одиниці об'єму, \vec{p} – дипольний момент молекули.

Оскільки

$$\vec{p} = \beta\epsilon_0\vec{E}, \text{ то } \vec{P} = n\beta\epsilon_0\vec{E}.$$

Позначимо

$$n\beta = \chi, \text{ отже, } \vec{P} = \chi\epsilon_0\vec{E}.$$

Коефіцієнт χ називається **діелектричною сприйнятливістю** речовини або поляризованістю одиниці об'єму діелектрика. χ – величина безрозмірна ($\chi \approx 80$ для води, $\chi \approx 25$ для спиртів).