

Диелектрични свойства на  
материалите

# Електропроводимост

Въпрос 5

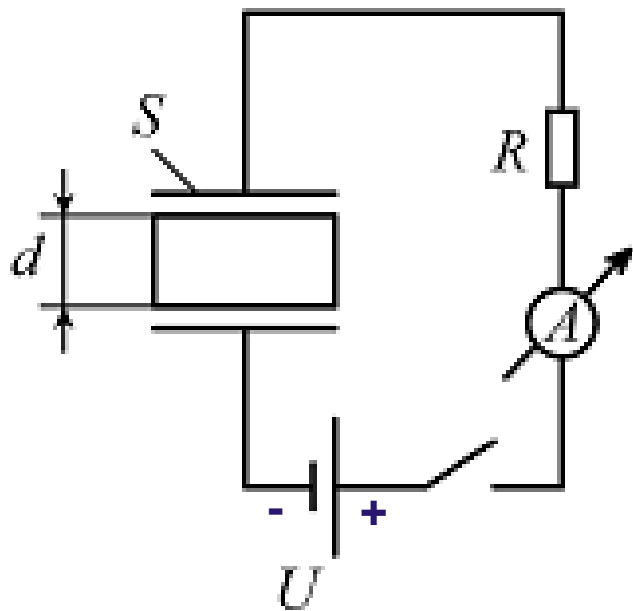
Материалознание

# Съдържание

- 1 При постоянно електрическо поле
- 2 При променливо електрическо поле
- 3 Електропроводимост в газове
- 4 Електропроводимост в течности
- 5 Електропроводимост в твърди тела

# I. Основни процеси

## 1. При постоянно електрическо поле

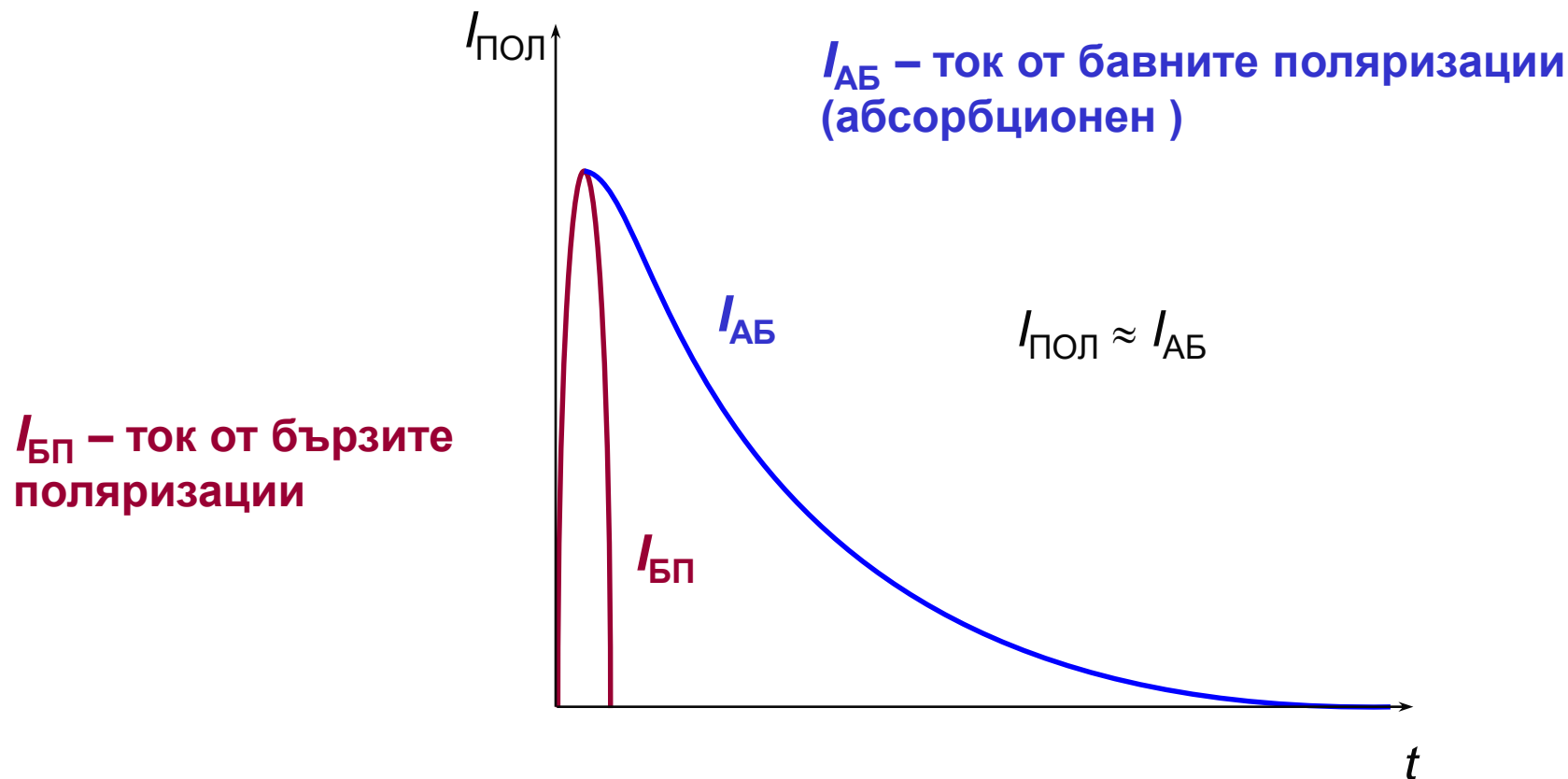


При прилагане на постоянно поле се осъществява поляризация  $\Rightarrow$  изместване на еластично свързаните заряди  $\Rightarrow$  протича ток наречен **поляризационен**.

Поляризацията протича еднократно и материала остава поляризиран докато е под въздействие на полето.

# I. Основни процеси

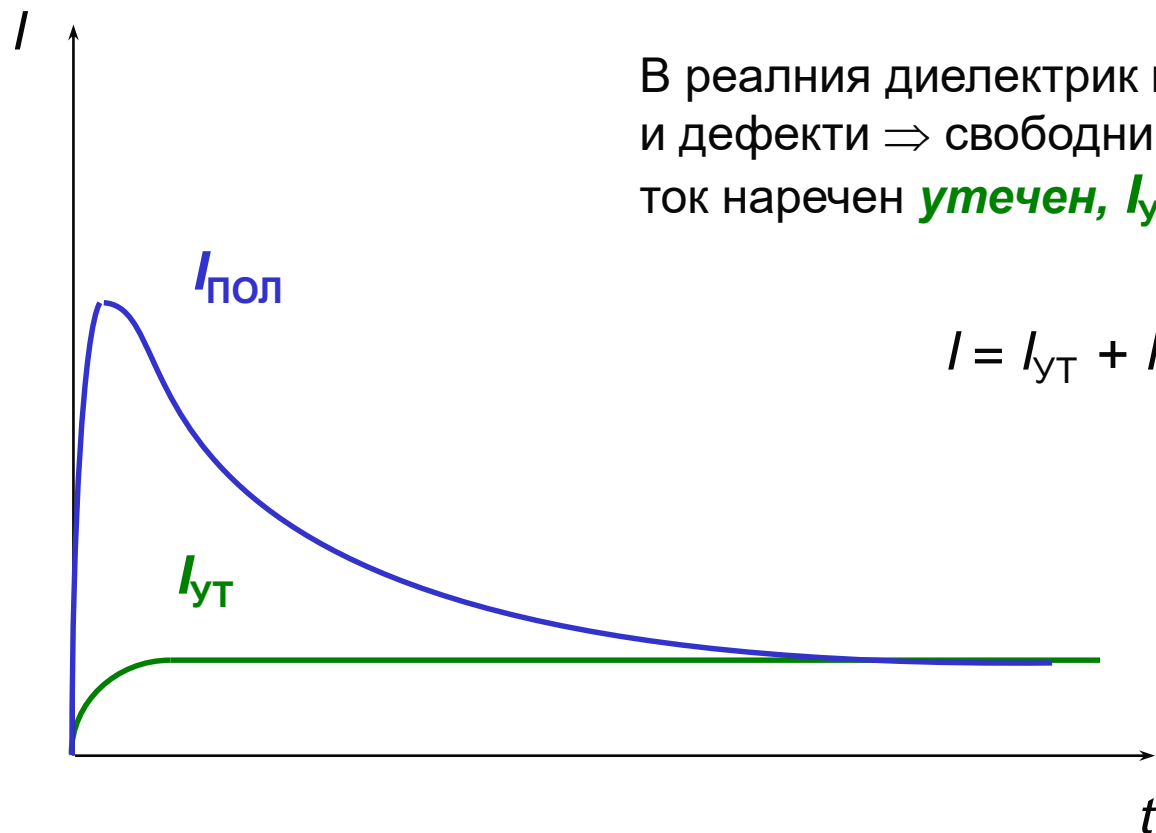
## 1. При постоянно електрическо поле



Времедиаграма на идеален диелектрик

# I. Основни процеси

## 1. При постоянно електрическо поле



Времедиаграма на реален диелектрик

# I. Основни процеси

## 1. При постоянно електрическо поле

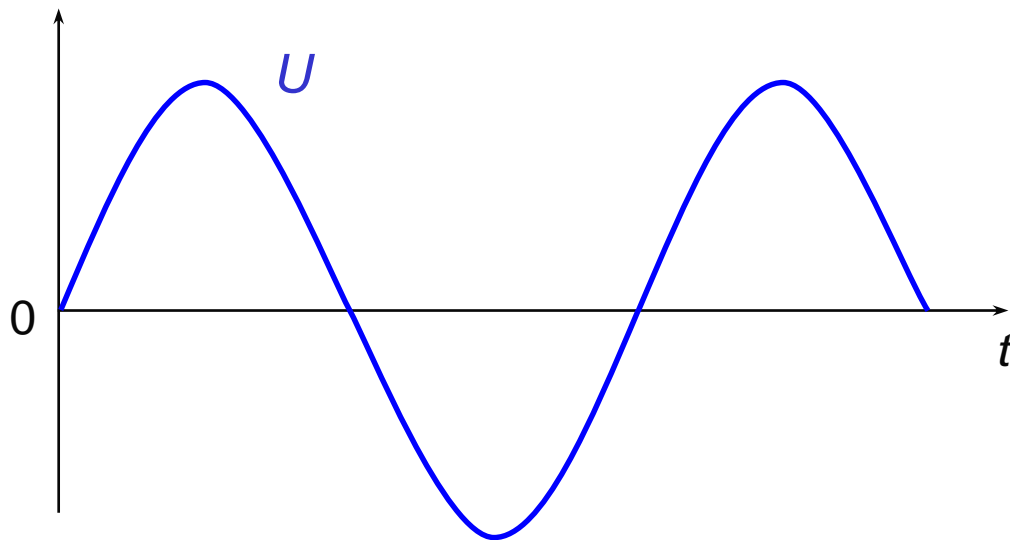
Изоляционно съпротивление

$$R_{\text{из}} = \frac{U}{I_{\text{ут}}}$$

Изоляционното съпротивление е **омично** по своята природа не зависи от времето и честотата на приложеното напрежение.

# I. Основни процеси

## 2. При променливо електрическо поле



$$U = U_m \sin \omega t$$

където  $U_m$  – амплитудна стойност на  $U$ ;  
 $\omega$  – кръгова честота

$$E = \frac{U}{d} = \frac{U_m}{d} \sin \omega t$$

$E_m$

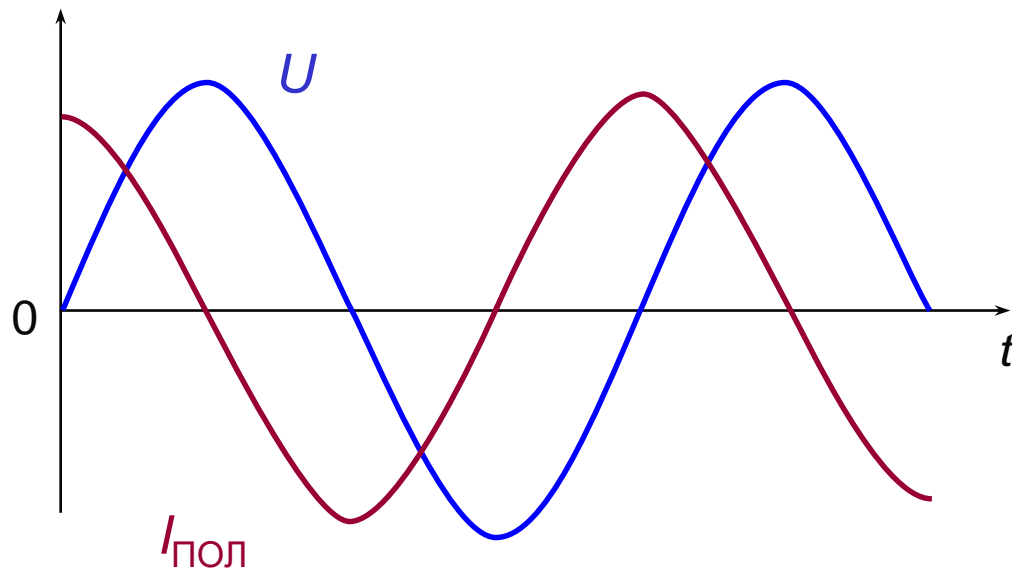
За поляризации без загуби

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon_r E = \varepsilon_0 \varepsilon_r E_m \sin \omega t$$

$D_m$

# I. Основни процеси

## 2. При променливо електрическо поле



$$D = D_m \sin \omega t$$

$$J_{\text{пол}} = \frac{dD}{dt} = \omega D_m \cos \omega t$$

$$I_{\text{пол}} = S \cdot J_{\text{пол}} = S \cdot J_m \cos \omega t$$

Токът и напрежението върху диелектрика (кондензатора) са дефазирани на  $90^\circ$ .



# I. Основни процеси

## 2. При променливо електрическо поле

Общият ток през диелектрик без загуби

$$I = I_{\text{ПОЛ}} + I_{\text{УТ}} = I_m \cos \omega t + I_{\text{УТ}}$$

За поляризации със загуби

$$I_{\text{ПОЛ}} = I_m \cos(\omega t - \delta)$$

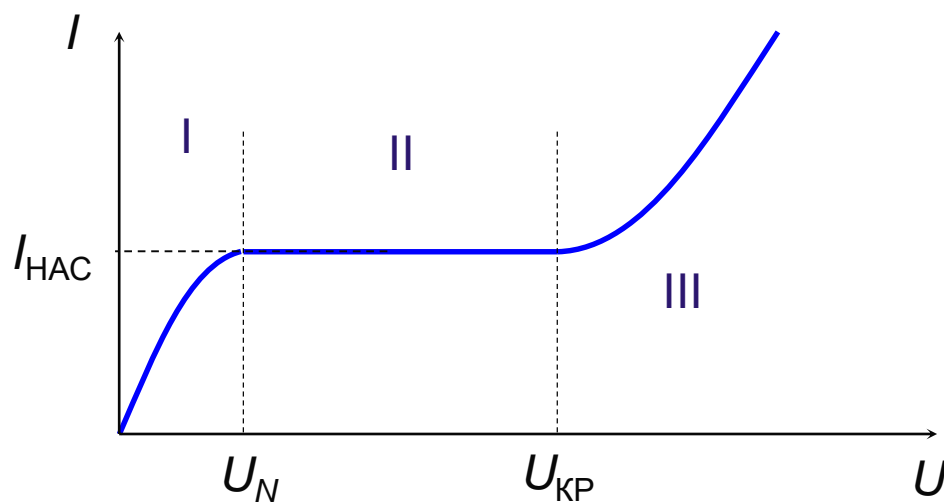
ъгъл на диелектричните загуби

Диелектриците (кондензаторите) ограничават протичането на постоянен, но не и на променлив ток.

# II. Влияние на агрегатното състояние

## 1. Электропроводимост в газове

Основен процес – **йонизация** (получаване на положителни йони и свободни електрони).



Волт-амперна характеристика

I и II област – йонизация, породена от външни фактори (електрическо поле).

III област – вътрешна (ударна) йонизация, породена от сблъсък между собствени градивни частици.

$U_N$  – номинално напрежение

$U_{\text{КР}}$  – критично напрежение

$I_{\text{НАС}}$  – ток на насищане

# II. Влияние на агрегатното състояние

## 2. Електропроводимост в течности

**Неполярни** – малка електропроводимост, зависи основно от примесите (влага).

**Полярни** – по-голяма електропроводимост, поради дисоциирани собствени молекули.

Електропроводимостта на течните диелектрици има йонен характер.

# II. Влияние на агрегатното състояние

## 3. Электропроводимост в твърди тела

С атомна или молекулна решетка – движение на примесни йони и свободни електрони.

С йонна структура – движение на собствени йони.

Электропроводимостта на твърдите диелектрици има основно йонен характер.

Според дифузиония модел специфичната електропроводимост е

$$\sigma = qn\mu, \text{ S/m}$$

където  $q$  е зарядът на токоносителите

$n$  – брой свободни токоносители в единица обем (концентрация)

$\mu$  – подвижност на токоносителите

# II. Влияние на агрегатното състояние

## 3. Электропроводимост в твърди тела

$$\sigma = qn\mu$$

В слаби електрически полета концентрацията  $n$  и подвижността  $\mu$  на свободните йони нараства експоненциално от температурата  $T$ :

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{W_{\text{д}}}{kT}\right)$$

$$\mu = \mu_0 \exp\left(-\frac{W_{\text{пр}}}{kT}\right)$$

$n_0$  и  $\mu_0$  – концентрация и подвижност при нормална температура

$W_{\text{д}}$  – енергия на дисоциация

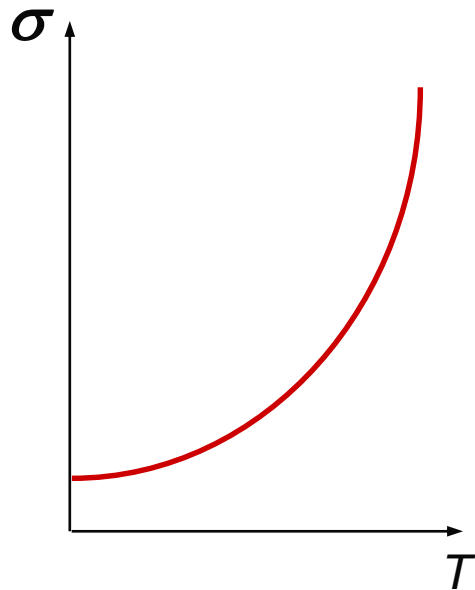
$W_{\text{пр}}$  – енергия на преместване

$k$  – константа на Болцман

С увеличаване на  $T$  се увеличава енергията на частиците и те по-лесно се йонизират (нараства  $n$ ), също така се преместват на по-големи разстояния (нараства  $\mu$ ).

# II. Влияние на агрегатното състояние

## 3. Електропроводимост в твърди тела



$$\sigma = q \cdot n \cdot \mu = \underbrace{q \cdot n_0 \cdot \mu_0}_A \exp\left(-\frac{\underbrace{W_D + W_{\text{ПР}}}_{b}}{kT}\right)$$

$$\sigma = A \exp\left(-\frac{b}{T}\right)$$

При материали, в които се проявява йонна проводимост (диелектрици) с нарастване на  $T$  проводимостта ескпоненциално нараства т. е.  $\alpha_\sigma > 0$ .

$$\text{Тъй като } \rho = \frac{1}{\sigma} \text{ то } \alpha_\rho < 0$$