

*Диелектрични свойства на
материалите*

Пробив *в диелектриците*

Материалознание

Въпрос 7

Съдържание

1

Основни понятия

2

Пробив в газове

3

Пробив в течни диелектрици

4

Пробив в твърди диелектрици

1. Основни понятия

Диелектрик, поставен в електрическо поле може да загуби изолационните си свойства (рязко да намали изолационното си съпротивление), ако интензитетът на полето превиши определена критична стойност.

Това явление се нарича **пробив**, напрежението при което настъпва – **пробивно** $U_{\text{пр}}$, а критичният интензитет – **диелектрична якост** $E_{\text{пр}}$.

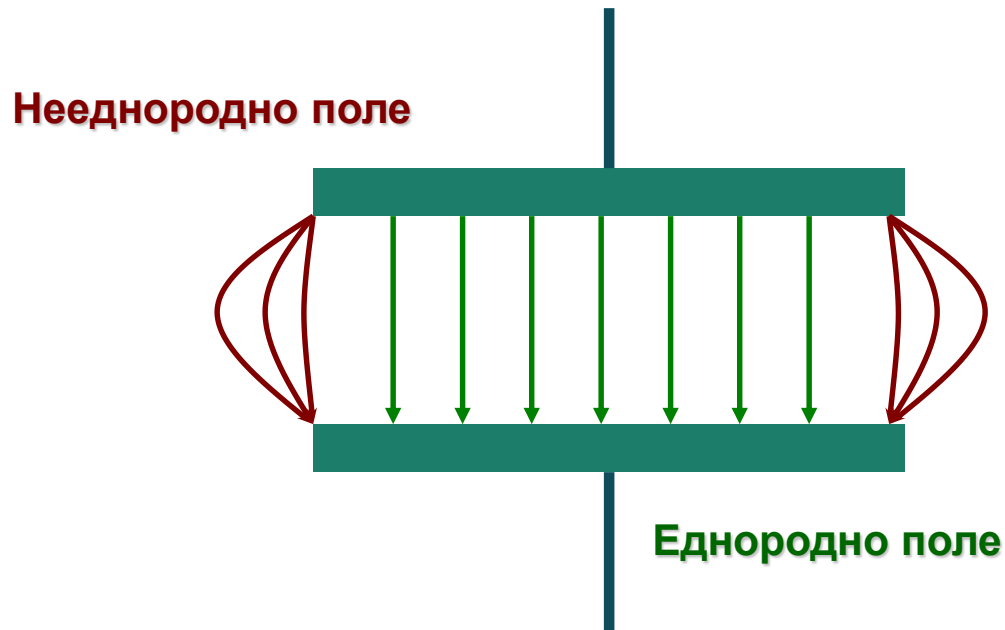
$$E_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{d}$$

Тази формула важи за еднородни диелектрици поставени в еднородно поле.

2. Пробив в газове

Основна причина – ударна (вътрешна) йонизация.

Еднородно е електрическото поле, при което интензитетът E е еднакъв във всички точки между електродите.



2. Пробив в газове

2.1. Пробив в еднородно поле

Свободните заредени частици (електрони и йони) в газообразен диелектрик, поставен в еднородно електрическо поле започват насочено движение, при което придобиват допълнителна енергия:

$$W = Eq\lambda_{cp}$$

където λ_{cp} е средна дължина на свободния й пробег.

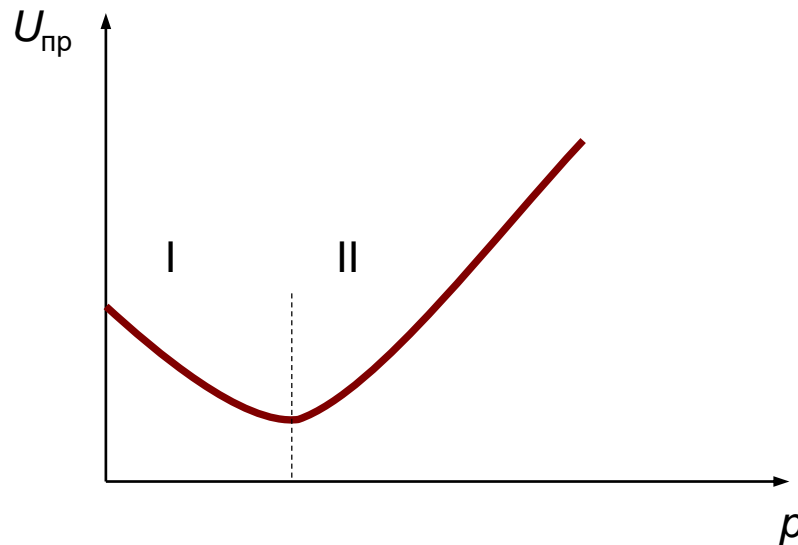
Когато тази енергия стане по-голяма от определена критична стойност $W_{\text{йон}}$ при сблъсък на заредената частица с друга неутрална, то тя я йонизира.

Следователно условието за йонизация и пробив е: $W > W_{\text{йон}}$

Основна особеност – пробивът е **обратим**, т. е. след премахване на полето, материалът възвръща изолационните си свойства.

2. Пробив в газове

Зависимост на пробивното напрежение от атмосферното налягане p

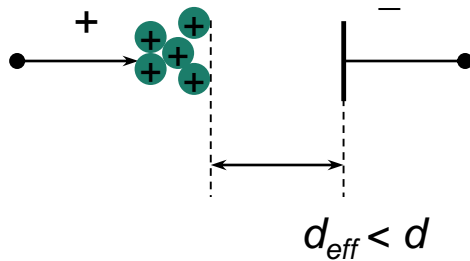


I област – когато налягането е малко, броят на молекулите в единица обем намалява, следователно намалява вероятността за удар между тях и пробивното напрежение се повишава.

II област – когато налягането е високо, броят на частиците е толкова голям, че намалява средната дължина на свободния им пробег и пробивното напрежение се повишава.

2. Пробив в газове

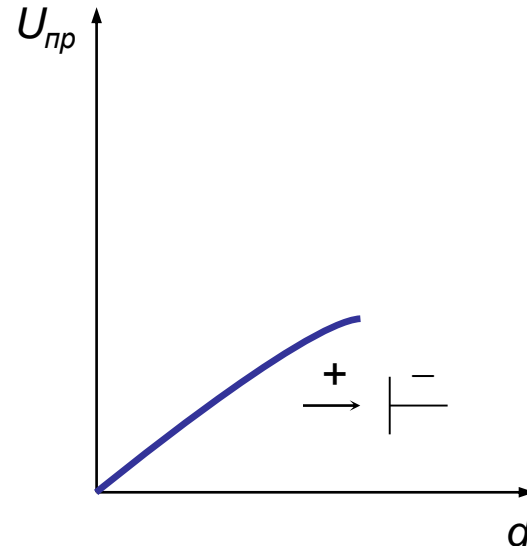
2.2. Пробив в нееднородно поле



Най-голям интензитет се получава в областта около иглата, където започва и йонизацията.

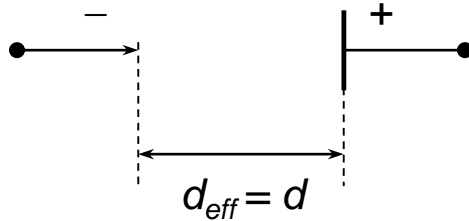
Получените електрони рекомбинират на положителния полюс, докато по-големите положителни йони значително по-бавно се придвижват към отрицателния полюс.

Поради това около иглата се натрупват йони, които могат да се разглеждат като продължение на електрода (ефективното разстояние намалява).

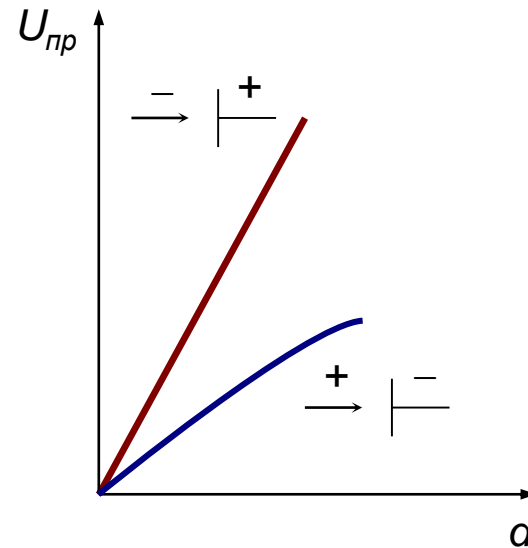


2. Пробив в газове

2.2. Пробив в нееднородно поле



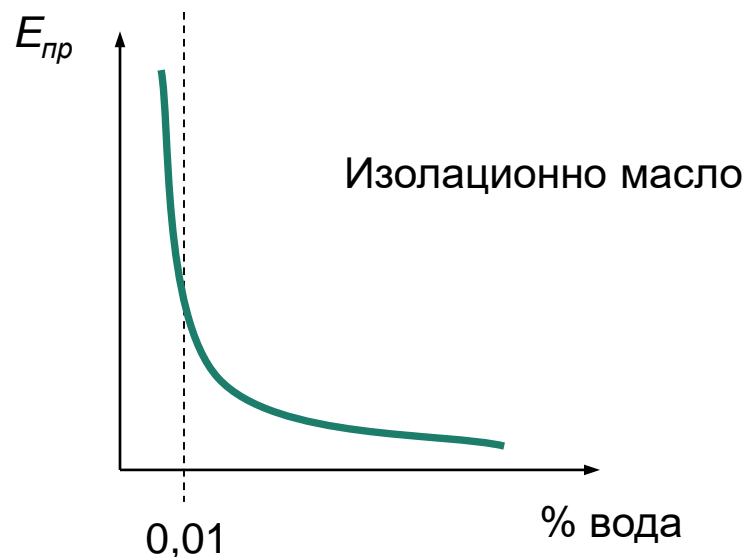
Положителните йони рекомбинират на отрицателния полюс, електроните се придвижват към положителния полюс, следователно разстоянието между електродите не се променя.



Пробивът в газообразни диелектрици в нееднородно електрическо поле зависи от формата на електродите и поляритета на приложеното напрежение.

3. Пробив в течни диелектрици

Диелектричната якост на течни диелектрици е по-голяма от тази на газообразните, тъй като имат по-голяма плътност.



Увеличаването на количеството примеси в течните диелектрици рязко намалява диелектричната им якост.

4. Пробив в твърди диелектрици

Пробивът в твърди диелектрици се осъществява по три механизма: електрически, топлинен и електрохимически.

Кой от тези механизми ще се прояви зависи от:

- ✓ Вида на материала;
- ✓ Характера на приложеното електрическо поле – постоянно, променливо или импулсно;
- ✓ Честотата на полето;
- ✓ Дефекти в диелектрика;
- ✓ Условия за охлаждане;
- ✓ Експлоатационни условия и др.

4. Пробив в твърди диелектрици

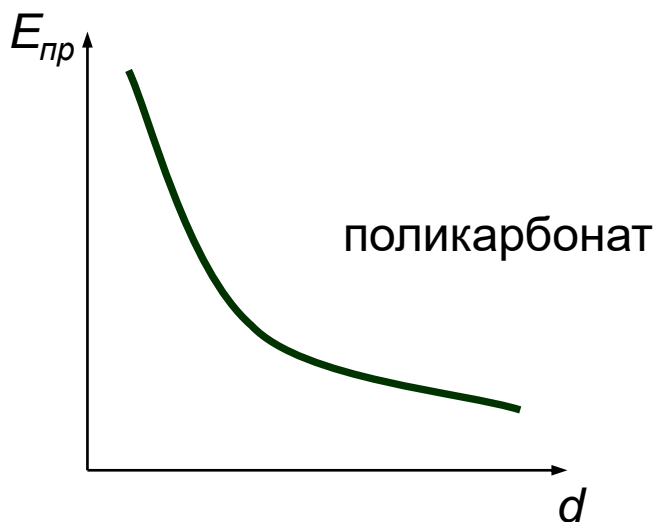
4.1. Електрически пробив

Механизъм – ударна йонизация, протича за кратко време и е обратим.

За да е чисто електрически пробива трябва да няма повишаване на температурата на диелектрика т. е. да няма загуби.

Ако електрическото поле и структурата са еднородни пробивното напрежение е линейна функция на дебелината на образца.

Зависимост на диелектричната якост от дебелината на нееднороден диелектрик



С увеличаване на дебелината се увеличава вероятността за наличие на примеси, което намалява диелектрична якост.

4. Пробив в твърди диелектрици

4.2. Топлинен пробив

Топлинният пробив се получава при повишаване на температурата на диелектрика поради нарушено топлинно равновесие т. е. количеството отделена топлина в материала е по-голямо от количеството отдадена (или разсеяна) топлина в околното пространство.

Обикновено повишената температура води до нарушаване на структурата на диелектрика и промяна на неговите свойства т. е. този процес е необратим.

Количеството отделена топлина в диелектрика P зависи от диелектричните загуби в материала, като с повишаване на температурата най-силно нарастват загубите от електропроводимост.

4. Пробив в твърди диелектрици

4.2. Топлинен пробив

Количеството отдадена топлина в околното пространство $P_{от}$ зависи от конструкцията на електродите и условията на топлоотдаване.

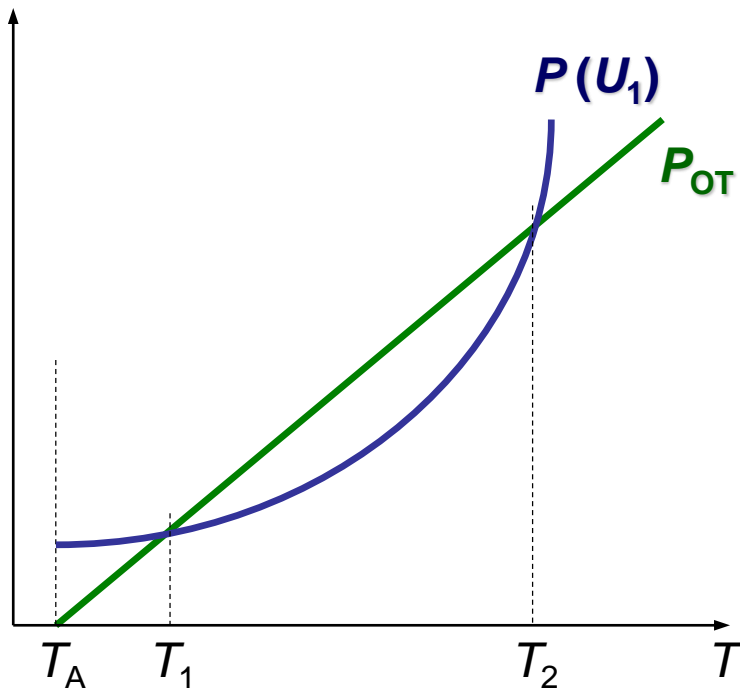
При два плоски метални електрода е:

$$P_P = P_{от} = 2hS(T - T_A)$$

където h е коефициент на топлопроводимост в мястото на контакта електрод-диелектрик; S – площ на диелектрика; T – температура на диелектрика и T_A – температура на околната среда.

4. Пробив в твърди диелектрици

4.2. Топлинен пробив



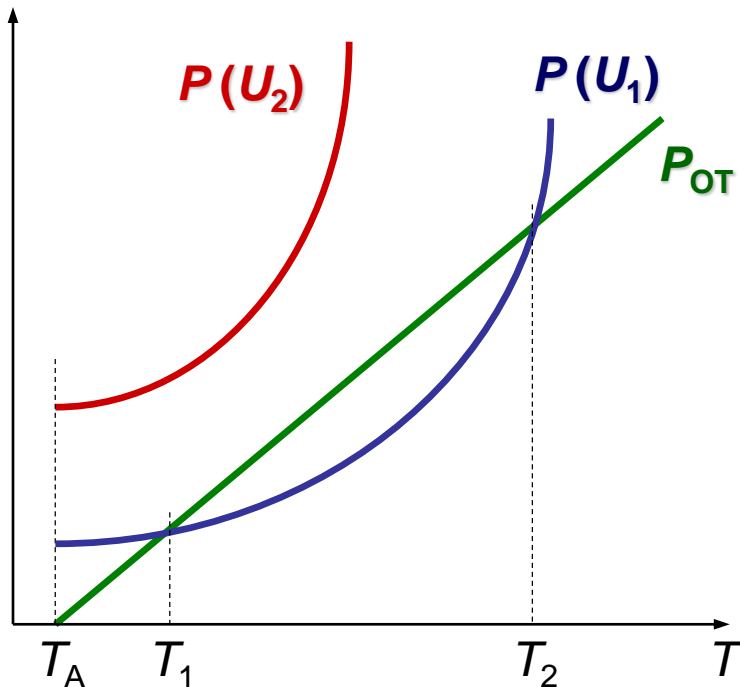
Ако диелектрик работи при напрежение U_1 и температура на околната среда T_A то той ще се загрее до температура T_1 .

Ако T_1 е по-малка от топлоустойчивостта на материала, то той може да работи неограничено дълго време без опасност от пробив.

Ако температура на околната среда се повиши над T_2 , то в диелектрика ще настъпи топлинен пробив.

4. Пробив в твърди диелектрици

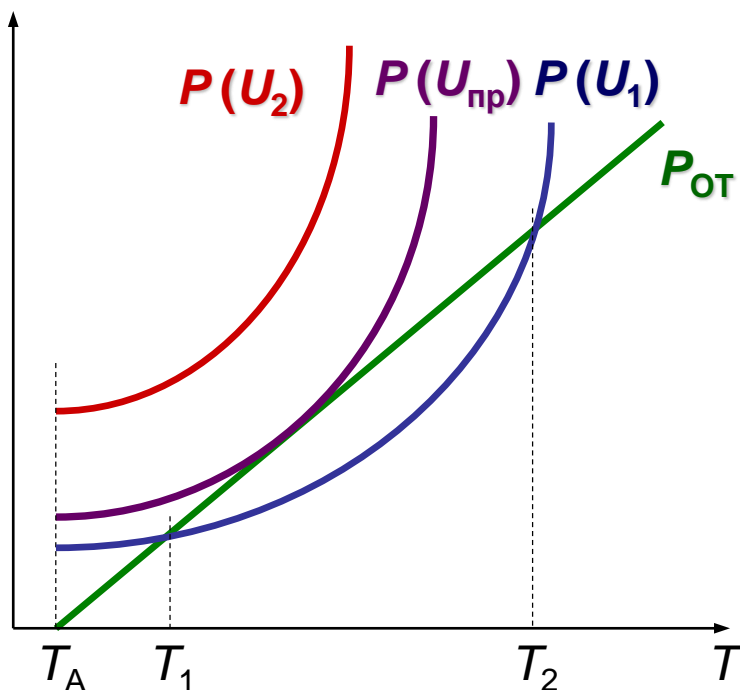
4.2. Топлинен пробив



Ако се приложи напрежение $U_2 > U_1$ условието за настъпване на топлинен пробив е винаги изпълнено, независимо от температурата на околната среда, следователно диелектриктът не може да работи при него.

4. Пробив в твърди диелектрици

4.2. Топлинен пробив



Напрежението, при което има само една температурно стабилна точка е пробивното.

На практика пробив може да настъпи и при по-ниски напрежения поради наличието на примеси, дефекти и др.

Органичните материали имат по-малки пробивни напрежения, поради по-малка топлопроводимост.

4. Пробив в твърди диелектрици

4.3. Електрохимически пробив

Електрохимическият пробив се получава в резултат на структурни изменения (стареене) на материал, подложен на продължително въздействие на електрическо поле.

Появява се силно при работа в среди с повишена температура и влажност и зависи от материалът на електродите.