

*April 2010*

**Univerzitet u Novom Sadu  
Prirodno-matematički fakultet**

**Polarizacija elektronskog i jonskog  
tipa**

**Profesor**  
**Student**  
**Dr. Svetlana Lukić**  
**Sonja Iličić**

## **Sadržaj**

➤ Uvod.....	2
➤ Dielektrici.....	3
➤ Elektronska polarizacija.....	5
➤ Jonska polarizacija.....	7
➤ Orijentaciona i Medjuslojna polarizacija.....	7
➤ Polarizacija dielektrika.....	9
➤ Dalektrični gubici.....	11
➤ Zaključak.....	13
➤ Literatura.....	14

## Uvod

Pri dinamičnom kretanju atoma, jona ili molekula dielektričnih materijala, nastaju raznovrsna svojstva, koja se pripisuju različitim tipovima polarizacije dielektrika. Postoje četiri tipa polarizacije, a elektronski i jonski tip su dva, od pomenuta četiti tipa.

## **Dielektrici**

Da bi se razumeo proces polarizacije dielektrika, potrebno je razjasniti šta su dielektrici i navesti neke osnovne pojmove vezane za njih.

Dielektrici su materijali sa velikim energetske procepom i specifičnom električnom otpornošću, koja ih na sobnoj temperaturi čini gotovo neprovidnim. Kada se dielektrik stavi između metalnih elektroda i priključi na neki napon, nastaje slaba električna struja koja pokreće jone, a znatno ređe slobodne elektrone. Prisustvo male električne provodnosti dielektrika pogoršava svojstva kondenzatora u električnim kolima. Sa povećanjem temperature počinje sve intezivnije stvaranje provodnih parova elektron-šupljina, prelaskom elektrona sa vrha valentne na dno provodne zone, čime se smanjuje gustina dielektrika. Naglo povećanje koncentracije provodnih nosilaca može nastati i pod dejstvom spoljašnjeg električnog polja (odnosno napona), kada nastaje dielektrični proboj dielektrika.

Klasifikacija dielektrika može se izvršiti na više načina: prema upotrebi, poreklu, agregatnom stanju, dielektričnim (izolacionim) svojstvima i prema načinu polarizacije. Prema upotrebi dielektrici se klasifikuju na pasivne i aktivne. Pasivni se obično koriste samo kao izolacioni materijali, dok se aktivni koriste u elektronskim komponentama: kondenzatorima, piezopretvaračima, displejima...

### 3

Prema poreklu dielektrici se klasifikuju na organske i neorganske. I jedni i drugi mogu biti prirodni i sintetički.

Prema agregatnom stanju dielektrici se klasifikuju na: gasovite, tečne i čvrste. Čvrsti mogu imati: amorfnu, polikristalnu, monokristalnu, polimersku i tečnokristalnu strukturu.

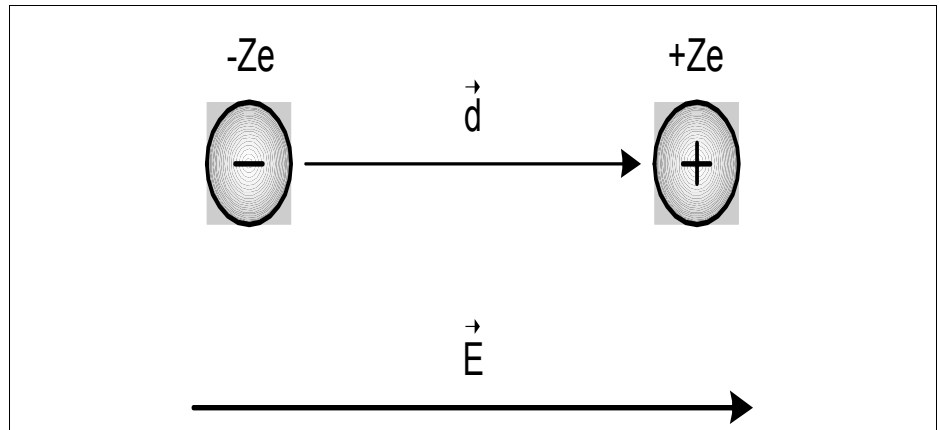
Prema izolacionim svojstvima, dielektrici se klasifikuju na: slabe, dobre i odlične. Odlični izolatori su obično materijali sa kovalentnim hemijskim vezama i elektronskom polarizacijom, dobri izolatori su sa jonskim hemijskim vezama i jonskom polarizacijom, a slabi obično imaju strukturu koja sadrži stalne električne dipole, sa orijentacionom polarizacijom. Dielektrična svojstva materijala zavise od izgradnje njihovih molekula, pri čemu dielektrici mogu klasifikovati u polarne i neutralne.

Polarni dielektrici imaju takve molekule koji su ujedno i dipoli, jer prilikom povezivanja atoma u molekule nastaje takva raspodela pozitivnih i negativnih naelektrisanja da to odgovara postojanju stalnog električnog dipola molekula, iako se posmatrani materijal ne nalazi u spoljašnjem električnom polju. Molekuli vode, na primer, imaju stalne električne dipole koji su haotično orijentisani, u svim pravcima, usled toplotnog kretanja molekula. Prema načinu polarizacije dielektrici mogu spadati u elektronsku, jonsku, međuslojnu ili orijentacionu polarizaciju.

#### 4

## **Elektronska polarizacija**

Neka na izolator neprestano deluju sile električnog polja. Ukoliko sile u električnom polju deluju u suprotnom smeru na elektrone od jezgra atoma, tada se težišta pozitivnog i negativnog naboja više neće poklapati, kao na slici 1. Elektronska polarizacija je zastupljena ukoliko je stepen polarizacije određen razmakom središta pozitivnog i negativnog naboja, kao i veličinom naboja. Ovakva pojava, kada se dva suprotna naboja nalaze na određenom rastojanju, naziva se električni dipol.



Slika 1

5

Električni dipolni moment je vektor kojem je smer određen mestom na kom se spajaju dva naboja, a orijentisan je od negativnog ka pozitivnom naboju.

Dakle, neutralni dielektrici u odsustvu spoljašnjeg električnog polja ( $E = 0$ ) nemaju stalne električne dipole. Kao primer, razmotrimo jedan atom koji ima jezgro naelektrisanja  $+q = Ze$  i elektronski omotač ukupnog negativnog naelektrisanja  $-q = -Ze$ , gde je  $Z$  - broj elektrona u omotaču posmatranog atoma. Za slučaj  $E = 0$  centri pozitivnih i negativnih naelektrisanja se poklapaju i nema električnih dipola. Ako se posmatranom atomu dovede neko spoljašnje električno polje ( $E \neq 0$ ), nastaće razdvajanje centara pozitivnih i negativnih naelektrisanja (slika 1) u toku vremena (približno za  $10^{-15}$  s) i za nju se definiše *elektronska polarizabilnost* ( $\alpha^e$ ) kao koeficijent srazmernosti između dipolnog momenta ( $\mathbf{p}$ ) i

lokalnog električnog polja ( $E^{lok}$ ) koje neposredno djeluje na posmatrani atom:  $\mathbf{p} = \alpha^e \mathbf{E}^{lok}$ .

Opisana pojava je elastičnog karaktera i naziva se elektronskom polarizacijom.

## 6

### **Jonska polarizacija**

Još jedan vid neutralne i deformacione elastične polarizacije je Jonska polarizacija.

Za jonsku polarizaciju je karakteristično da u odsustvu spoljašnjeg električnog polja ( $E=0$ ), joni se nalaze na međusobno jednakim odstojanjima u ravnotežnom položaju. Dejstvom dovedenog električnog polja jonska rešetka se deformiše i na taj način se obrazuju dipoli, s obzirom na izmenjeni položaj pozitivnih i negativnih jona. Odnosno, može se reći da Jonska polarizacija nastaje pomakom jona dielektričnog materijala pod delovanjem električnog polja.



Ova vrsta polarizacije nastaje u toku vremena (približno za  $10^{-13}$  s), i za nju se definiše jonska polarizabilnost ( $\alpha_j$ ):  $\mathbf{p} = \alpha_j \mathbf{E}^{\text{lok}}$ .

## Orijentaciona i Medjuslojna polarizacija

Pored elektronske i jonske polarizacije, postoji i takozvana Orijentaciona polarizacija.

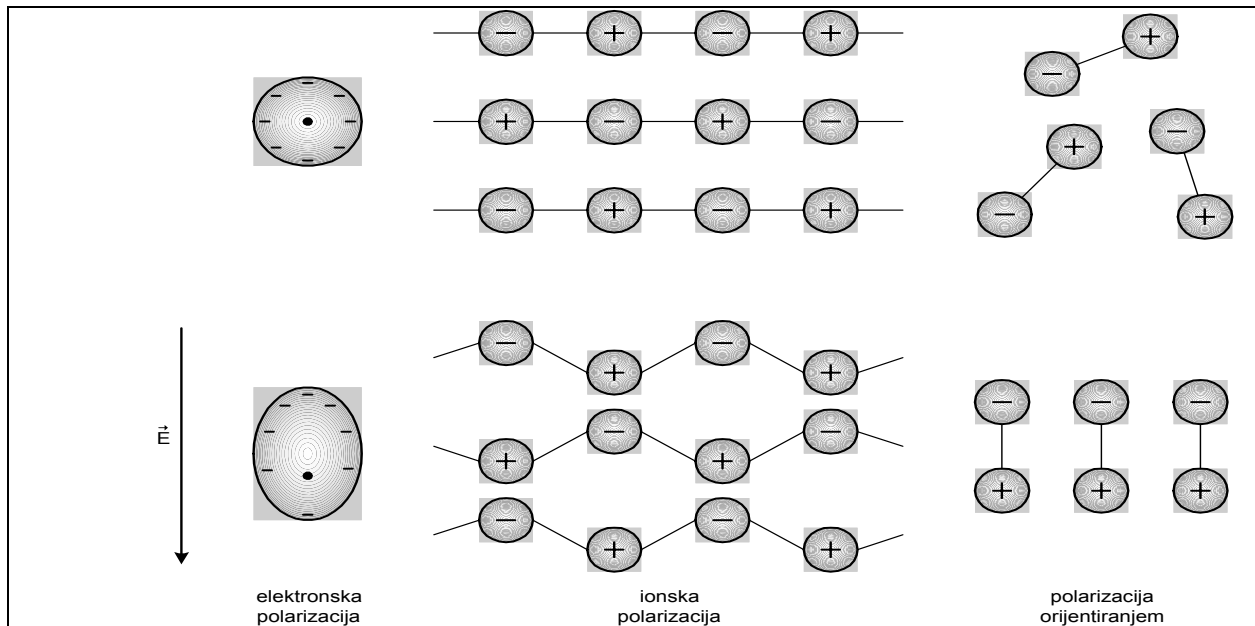
Orijentaciona polarizacija nastaje usmeravanjem permanentnih električnih dipola, dielektričnog materijala, u pravcu električnog polja.

### 7

Ako se polarnom dielektriku dovede neko spoljašnje električno polje  $\mathbf{E}$  nastaće samo delimična orijentaciona polarizacija dipola u toku vremena ( otprilike  $10^{-9}$  s), jer usled neprekidnog toplotnog kretanja dipoli ne mogu da se orijentišu u svim pravcima dovedenog polja. Broj orijentisanih dipola u pravcu dovedenog električnog polja povećava se sa povećanjem jačine električnog polja  $\mathbf{E}$  i smanjenjem temperature.

Kod polarizacije dielektričnog materijala mogu postojati sva tri oblika pomenutih polarizacija, odnosno dielektrični

materijal može imati elektronsku, jonsku i orijentacionu polarizaciju, kao što je prikazano na slici 2



Slika 2

8

Još jedan vid neutralne i deformacione elastične polarizacije je Međuslojna polarizacija

Međuslojna polarizacija je posledica postojanja prostornih naelektrisanja, a nastaje ako posmatrani dielektrik ima relativno slobodna naelektrisanja na mestima defekata u kristalnoj rešetki materijala. Dovođenjem spoljašnjeg električnog polja dolazi do prostorne preraspodele ovih naelektrisanja.

Trajanje ove preraspodele prostornog naelektrisanja je

(približno  $10^{-2}$  s) i za nju se definiše međuslojna polarizabilnost ( $\alpha^m$ ):  $\mathbf{p} = \alpha^m \mathbf{E}^{lok}$ .

## Polarizacija dielektrika

Delovanjem električnog polja, dipoli se orijentišu u smeru električnog polja. U unutrašnjosti dielektrika će raznoimeni dielektrici međusobno uticati jedan na drugi. Van uticaja će ostati samo oni naboji dipola uz rub dielektrika, uz metalne ploče koje ne mogu napustiti izolator. Takvi naboji, nazivaju se vezani naboji. Polarizacija dielektrika deluje na elektrostatičke pojave.

Kratkotrajno pomicanje naboja u izolatoru čini struju dielektričnog pomaka. Ukupna gustina električnog pomaka  $\mathbf{D}$  do koje dolazi u dielektriku sastoji se iz dva dela. Prvi deo  $D_0$  je kao i u vakumu, a drugi deo  $\mathbf{P}$  je deo koji nastaje usled dielektrične polarizacije, koji je, takođe, srazmeran jačini električkog polja.

9

$$\mathbf{D} = \mathbf{D}_0 + \mathbf{P}$$

Polarizabilnost dielektrika, definisanjem i orijentacione polarizabilnosti ( $\alpha^{or}$ ) za polarne dielektrike, u opštem slučaju prisustva sve četiri vrste polarizacije, može se uprošćeno prikazati u formi superpozicije:

$$\alpha = \alpha^e + \alpha^j + \alpha^{or} + \alpha^m$$

Pri tome treba imati u vidu da svi dielektrici imaju uvek elektronsku polarizaciju, odnosno  $\alpha^e$ , a pored nje mogu (a ne moraju) da imaju i neku drugu vrstu polarizacije. Treba istaći da najbolji izolatori, kao što su sintetički polimeri polietilen, teflon i polistiren, imaju samo elektronsku polarizaciju.

Polarizabilnost je mikroskopska karakteristika, koja je posledica načina povezivanja atoma, jona ili molekula u dielektriku, i ona je frekventno zavisna veličina,  $\alpha(f)$ .

## **Dalektrični gubici**

Dielektričnim gubicima nazivamo onaj deo električne energije koji se u jedinici vremena nepovratno pretvori u druge oblike energije, pretežito u toplinu.

Dielektrične gubitke uzrokuju: Omski gubici, polarizacijski gubici, gubici zbog jonizacije i gubici zbog nehomogenosti materijala.

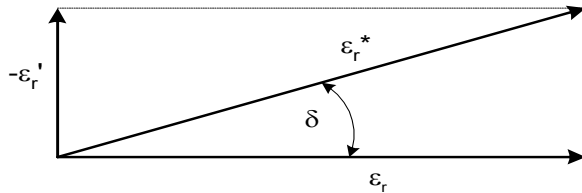
Omski gubici javljaju se u svim dielektričnim materijalima čija je električna provodnost veća od nule. Ovi gubici su više izraženi u vodenim i čvrstim nego u gasovitim dielektričnim materijalima. Polarizacijski se gubici javljaju u dielektričnim materijalima s orijentacijskom polarizacijom (s permanentnim električnim dipolima) i u nekim materijalima sa jonskom polarizacijom. Električno polje narušava prirodno kretanje atoma ili molekula što dodatno zagreva dielektrični materijal. Ovi gubici imaju maksimum na temperaturi karakterističnoj za pojedini dielektrik. U dielektrične gubitke zbog polarizacije spadaju i rezonantni gubici koji nastaju pri određenim frekvencijama polja.

Dielektrični gubici zbog jonizacije javljaju se pretežno u gasovitim dielektričnim materijalima. U jakim električnim poljima energija se gubi pri jonizaciji molekula ili atoma dielektrika.

Dielektrični gubici zbog nehomogenosti javljaju se u slojevitim dielektričnim materijalima. Zavise od sastava materijala i primesa.

Makroskopska veličina, koja je mera dielektričnih gubitaka, predstavlja snagu dielektričnih gubitaka, odnosno u slučaju sinusne vremenske zavisnosti polja, ugao dielektričnih gubitaka  $\delta$ .

Moguće je definisati kompleksnu relativnu dielektričnu konstantu:



Slika 3

Realni dio permitivnosti  $\epsilon_r$  je mera energije električnog polja. Imaginarni deo relativne dielektrične konstante je mera dielektričnih gubitaka u materijalu pod uticajem električnog polja. Obično je znatno manjeg iznosa od  $\epsilon_r$ . Kod prikaza u kompleksnoj ravnini, vektor stvara ugao  $\delta$ .

## **Zaključak**

Velika dostignuća u naukama zahvaljujemo polarizaciji. Poseban značaj ima elektronska polarizacija koja se javlja u svim dielektričnim materijalima. Ipak, smatra se da polarizacija još uvek nije dostigla najviši mogući nivo. Naučnici i danas rade na otkrivanju što savršenije polarizacije.

## Literatura

- D.Raković : „Fizičke osnove i karakteristike elektrotehničkih materijala“  
Elektrotehnički fakultet, Beograd 1995 godina
- Yu.A.Ustynyuk : “Kvantovohemicheskie metody rascheta molekul”  
Moskva 1980 godina