

Elektrotehnika sa elektronikom

2021/22

-
1. Kapacitivnost
 2. Kondezatori
 3. Sprezanje kondezatora
 4. Ravan, cilindrični, sferni kondezator

Podsetnik!!

- Naelektirsanje q

$$\vec{F} = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \vec{r}$$

- Kulonova sila

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \vec{r}$$

- Jačina električnog polja

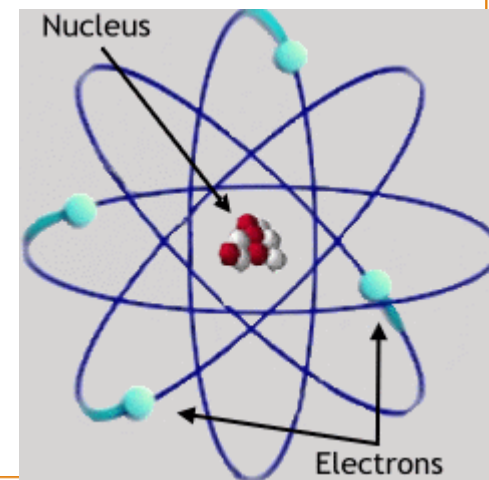
$$\varphi = k \frac{q}{r}$$

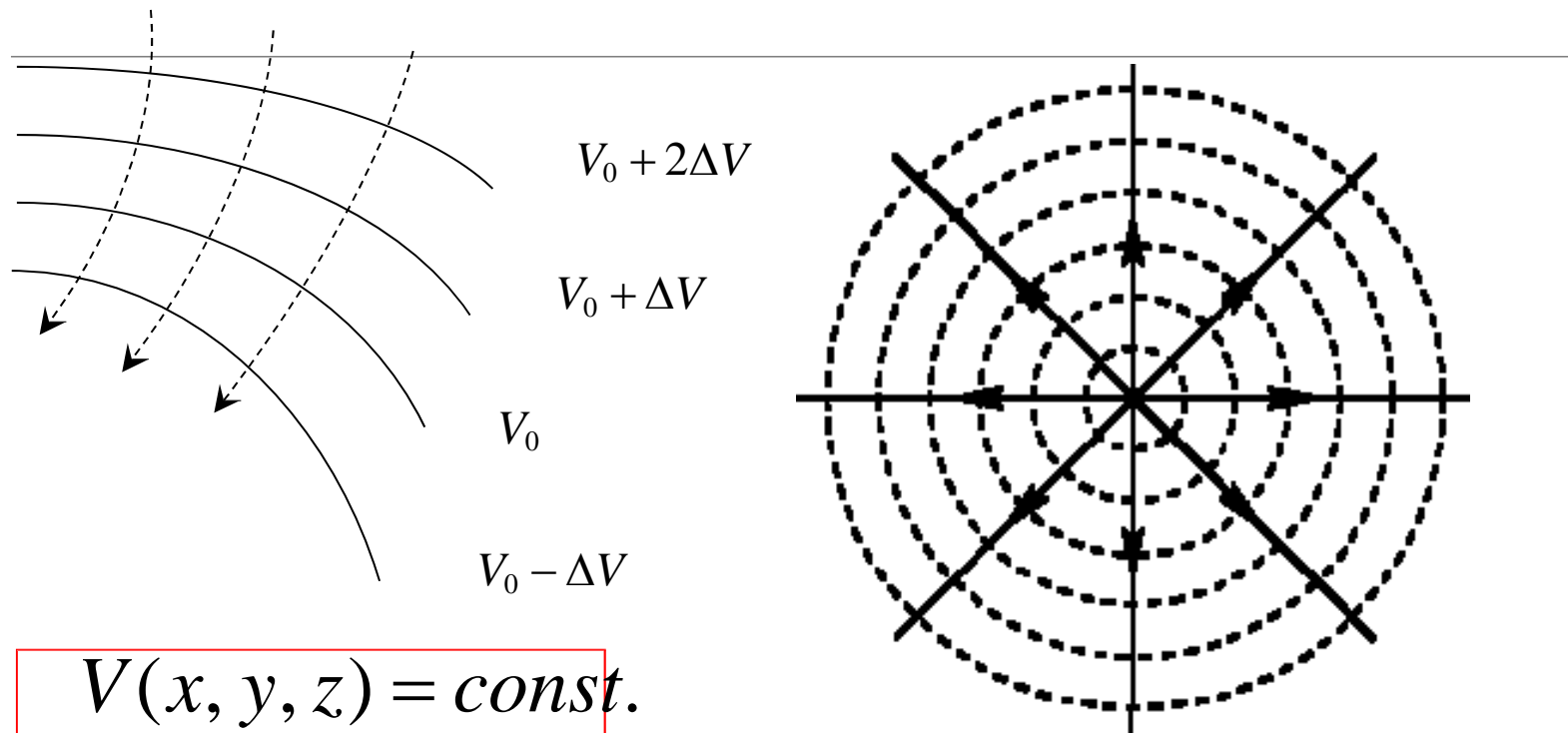
- Elektrostatički potencijal

- Linije polja

- Polje u provodniku

$$\oint_s \vec{E} ds = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

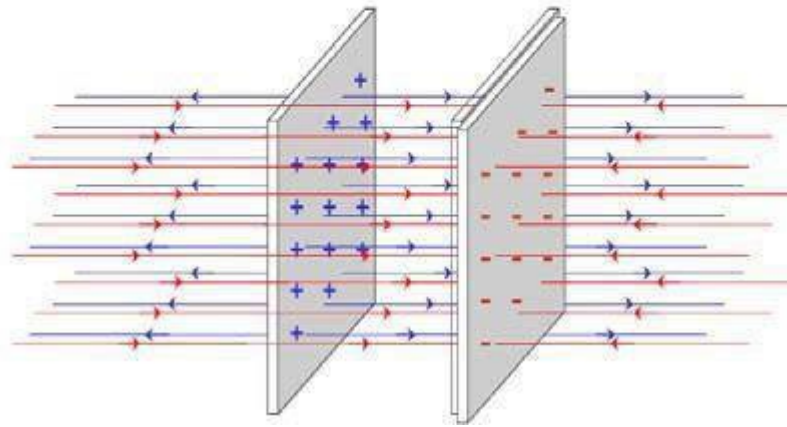




$$V(x, y, z) = \text{const.}$$

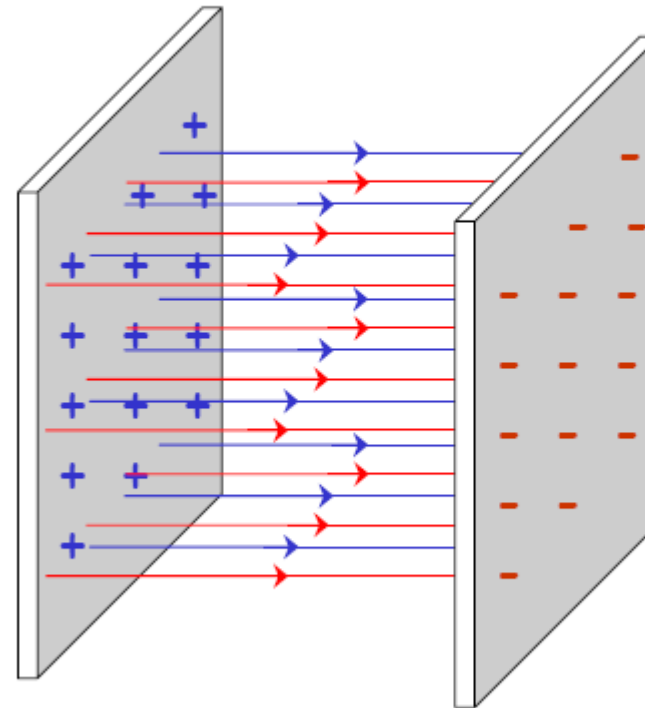
Rad sila polja duz zatvorene putanje jednak je nuli = Konzervativno polje!!





Uslovi elektrostatičke ravnoteže, odnosno mirovanja el. opterećenja na provodniku nastupiće:

- 1. Kada je Električno polje u unutrašnjosti provodnika jednako nuli**
- 2. Kada je tangencijalna komponenta električnog polja na površini provodnika jednaka nuli**



Kapacitivnost

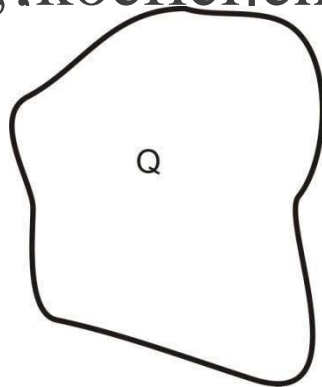
$Q, \varphi,$

$Q=f(\varphi)!!!$

$$Q = C\varphi$$

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

C =kapacitivnost je „koeficiient,, proporcionalnosti
!!!

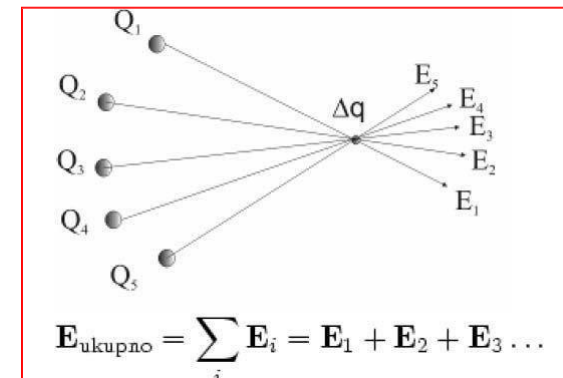
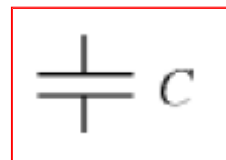
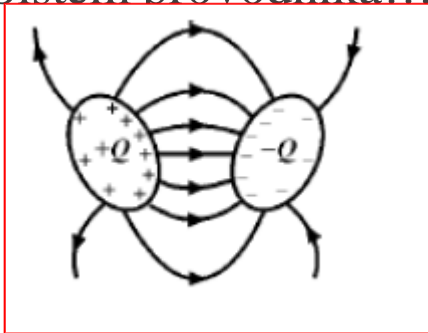


F (Farad)

Kapacitivnost sistema provodnika

Usamljeni provodnici se karakterišu malom kapacitivnošću!!!!

Sistem provodnika!!!!!!!



$$\mathbf{E}_{\text{ukupno}} = \sum_i \mathbf{E}_i = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \mathbf{E}_3 \dots$$

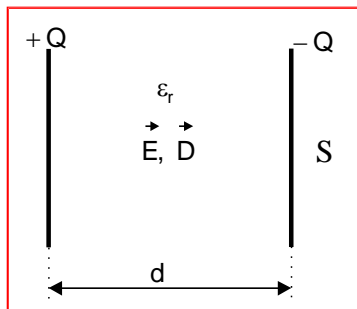
$$U_{12} = V_1 - V_2 = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l} .$$

$$C = \frac{Q}{U} .$$

Kondezator je sistem od dve provodne površine opterećenje jednakom količinom nalektrisanja Q suprotnog znaka koje se nalaze na nekom međusobnom rastojanju d

Kapacitivnost ravnog kondenzatora

- Ravan kondenzator je sistem od dve paralelne provodne ravni, opterećenje jednakom količinom naboja Q suprotnog znaka koje se nalaze na nekom međusobnom rastojanju d



$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$E = \frac{\eta}{\epsilon_0}$$

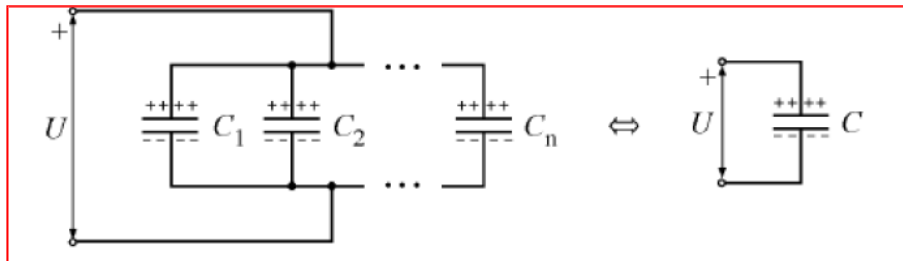
- Polje je lokalizovano u prostoru između elektroda i homogeno je!!
- Elektrode su ekvipotencijalne površine!!!!
- Problem efekat ivica!!!!

Sprezanje kondenzatora

- Problem dobijanja precizne kapacitivnosti za različite namene!!
- Paralelna veza
- Redna Veza
- Mešovita
- Veza u zvezdu
- Veza u trougao

Paralelna veza

- Kondenzatori u paralelnoj vezi karakterišu se jednakim naponom na svojim priključcima!
- Paralelna veza razdelnik naelektrisanja!!!



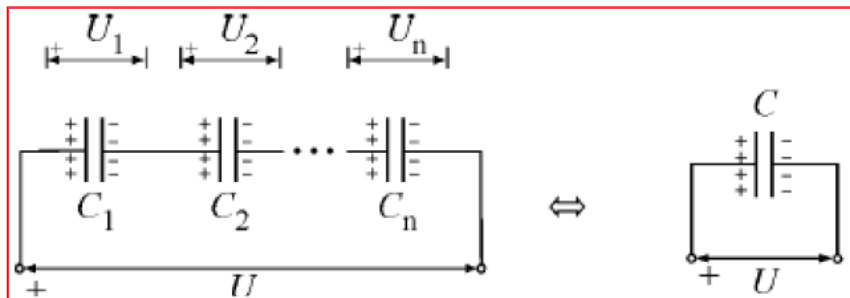
$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$Q = \sum_{i=1}^n U \cdot C_i = U \cdot \sum_{i=1}^n C_i$$

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

Redna veza

- Kondenzatori u rednoj vezi karakterišu se jednakim opterećenjem na svojim elektrodama!!!!
- Redna veza je naponski razdelnik!!



$$U_i = \frac{Q}{C_i}$$

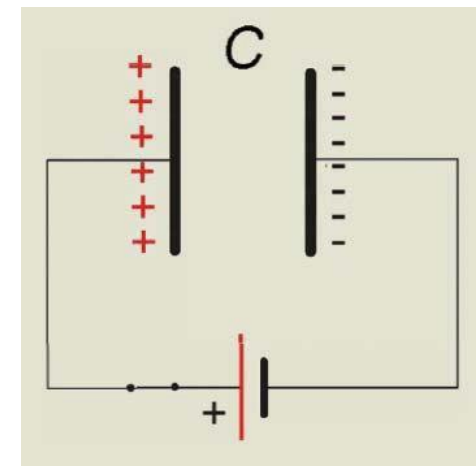
$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \sum_{i=1}^n U_i,$$

$$U = \sum_{i=1}^n \frac{Q}{C_i} = Q \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

Opterećivanja kondenzatora

- Posle zatvaranja prekidača dolazi do kretanja naelektrisanih čestica kroz provodnik
- Na elektrodi vezanoj za pozitivan priključak izvora, nagomilava se pozitivna, a na drugoj ista, ali negativna količina naelektrisanja
- Između elektroda javlja se razlika potencijala i električno polje,
- Opterećivanje kondenzatora završava se kada se napon između elektroda izjednači sa naponom izvora
- Ako se opterećen kondenzator izvadi iz kola za punjenje, on zadržava svoje osobine (Q , U , W) ***spособnost akumuliranja el. energije***
- Kondenzator se može rasteretiti ako se elektrode povežu provodnicima za prekidač i on zatvori



Ravan kondenzator

Ravan kondenzator - sastoji se od dve paralelne provodne ploče, čije je međusobno rastojanje d malo u poređenju sa njihovim dimenzijama

Polje praktično samo postoji u prostoru između elektroda i homogeno je

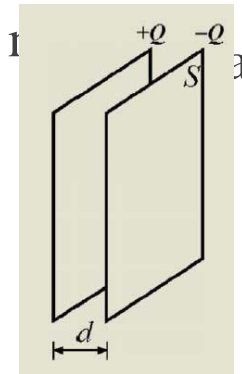
Odstupanje postoji samo u okolini ivica ploča, ali je ono zane dovoljno malo d

Primeri kondenzatora značajnih za praksu:

S - površina svake od elektroda

d - rastojanje između njih

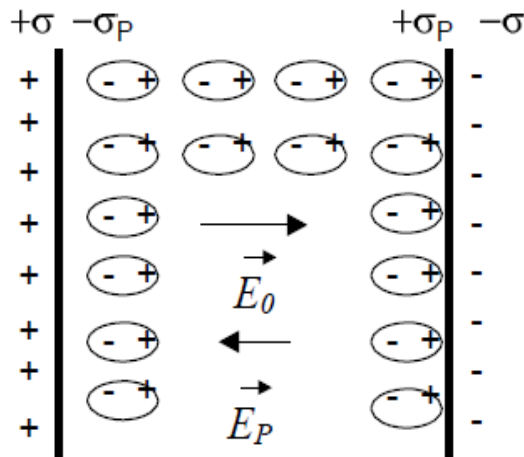
$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$



Za kondenzatore većih kapaciteta potrebno je izabrati dielektrik sa što većom dielektričnom konstantom, da površine provodnika budu što veće, a debljina dielektrika među njima što manja (postoje ograničenja u ispunjavanju ovih uslova u praksi)

Dielektrični materijal u električnom polju


- U dielektričnom materijalu, za razliku od metala, naelektrisanja se ne mogu lako kretati.



- ▶ Između različito opterećenih ploča homogeno električno polje deluje na pozitivno i negativno naelektrisanje unutar dielektrika.
- ▶ Ovu pojavu pomeranja naelektrisanja zovemo dielektrični pomeraj.
- ▶ Na površini dielektrika pojavljuje se negativno naelektrisanje ka pozitivnoj elektrodi i pozitivno naelektrisanja ka negativnoj elektrodi.
- ▶ Površinska gustina naelektrisanja iznosi σ_p .

-
- ▶ Prostorno naelektrisanje na površini dielektrika računa se preko relativne dielektrične konstante.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \quad \sigma_P = \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r} \cdot \sigma$$

- ▶ Dielektrici su dakle materijali koji pokazuju svojstvo električne polarizacije kada ih unesemo u električno polje. Izolatori su izraziti dielektrici.
- ▶ Za izolatore su bitna tri svojstva:
- dielektričnost,
 - provodnost,
 - električna čvrstoća (dielektrična čvrstoća).
- 

-
- ▶ Električna čvrstoća je granična jačina električnog polja kad dolazi do proboja izolatora; tada se on više ne ponaša kao izolator.
 - ▶ Na materijale nije moguće primeniti polje proizvoljne jačine _____

Vektor gustine električnog pomeraja

Uvodimo novu veličinu vektor gustine električnog pomeraja, D .

Između vektora električnog pomeraja, i el. polja postoji direktna veza:

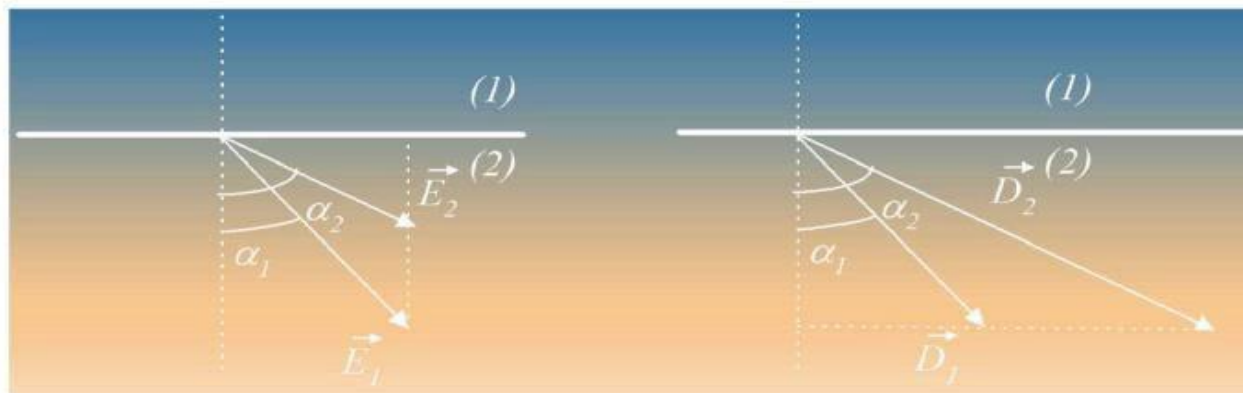
$$D = \varepsilon \cdot E \begin{matrix} [As] \\ [m^2] \end{matrix}$$

► Uopšteni Gaussov zakon vredi:

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = (\sum_i Q_i)_{unutar S}$$

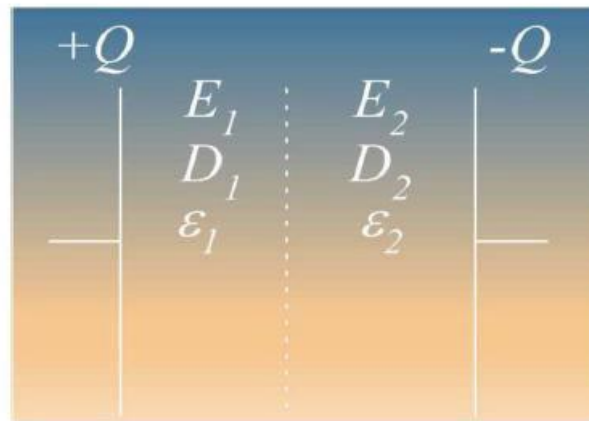
Polje na granici dva dielektrika

- ▶ Zbog toga što na granici dva dielektrika postoji vezano naelektrisanje, električno polje menja iznos prelaskom u drugu sredinu, a ako ne pada normalno na granicu tada menja i smer.
- ▶ Na granici dva dielektrika tangencijalne komponente električnog polja su jednake ($E_{1t} = E_{2t}$)
 - na granici dva dielektrika normalne komponente vektora gustine električnog pomeraja su jednake ($D_{1n} = D_{2n}$)



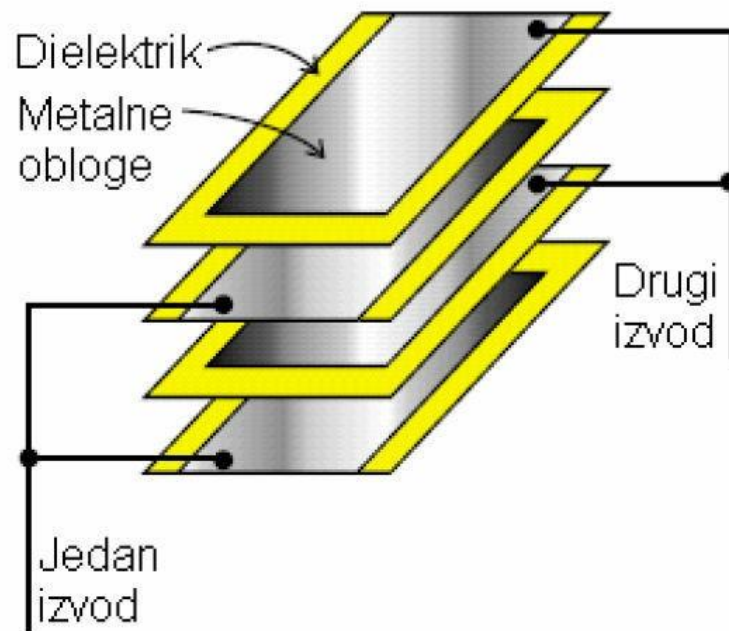
Serijska veza izolatora

- ▶ Kod serijske veze vektori D i E linije polja su normalne na razdvojnu površinu pa važi:



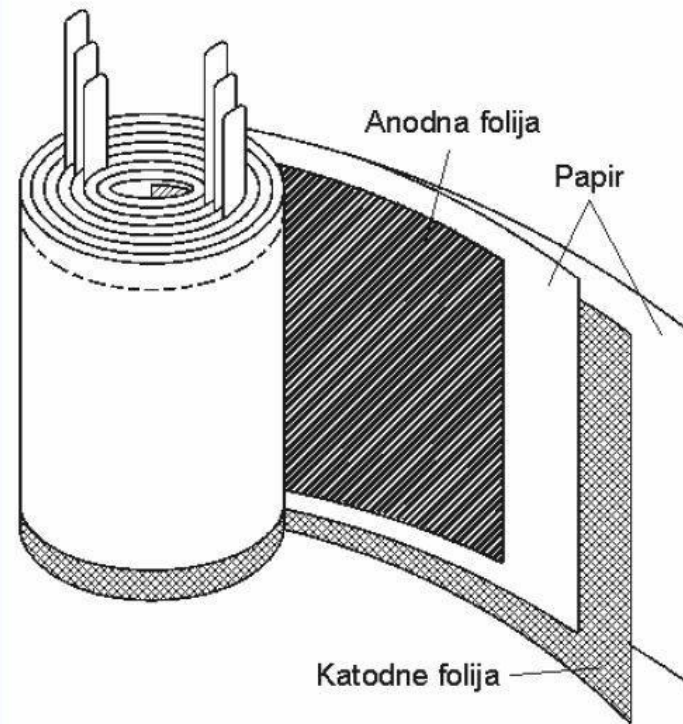
$$D_1 = D_2 = D$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$



a.

$$C = \epsilon_o \epsilon_r \frac{S(N-1)}{d} = 0,0885 \epsilon_r \frac{S(N-1)}{d},$$



b.

$$C = 0,177 \epsilon_r \frac{bL}{d},$$

Princip rada

- Elektrostatičko polje se generiše između anode i katode kondenzatora, a prostire se ispred senzora.
- Dolaskom predmeta u blizinu senzora menja se kapacitet kondenzatora, oscilator se prigušuje i na izlazu se pojavljuje električni signal.
- Kapacitivni senzor reaguje ne samo na provodne materijale već i na izolatore sa većom dielektričnom konstantom kao što su plastika, staklo, keramika i drvo.
- Reaguju na skoro sve materijale i tečnosti.

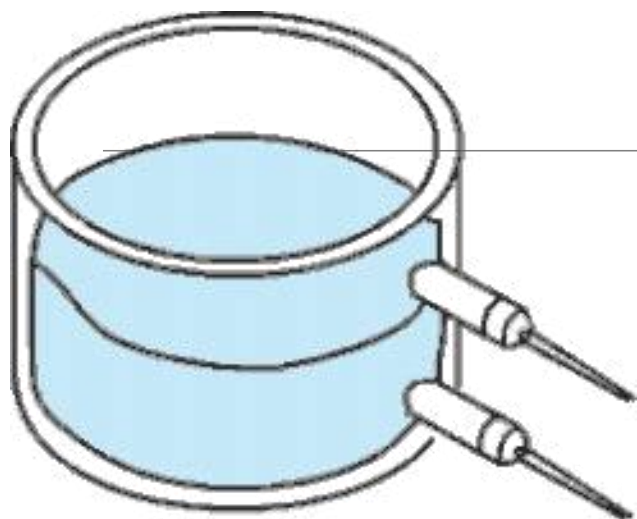
- ✓ Kapacitivni senzor reaguje kada aktivnoj površini približimo materijal koji trebamo detektovati, dodir nije potreban.
- ✓ Predmet se treba više približiti ako ima slabiju dielektričnu konstantu.
- ✓ Udaljenost na koju kapacitivni senzor reaguje je oko 30cm, što zavisi od samog tipa senzora.
- ✓ Osetljivost možemo podešavati pomoću potenciometra.

Dielektrična konstanta

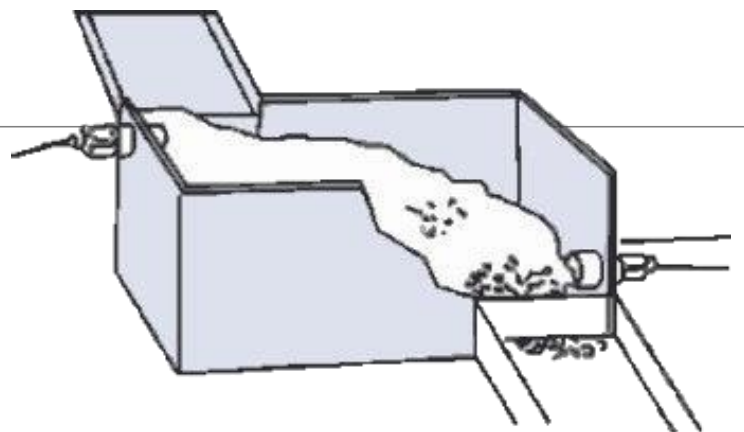
| Materijal | Dielektrična konstanta | Materijal | Dielektrična konstanta |
|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Sintetička smola | 3,6 | Voda | 80 |
| Liskun | 6 | Alkohol | 25,8 |
| Ebonit | 4 | Staklo | 5 |
| Mermer | 8 | Karton | 4,5 |
| Papir | 2,3 | Kablovska gumena smesa | 2,5 |
| Organsko staklo | 3,2 | Benzin | 2,2 |
| Stiren | 3 | Polivinil | 2,9 |
| Porcelan | 4,4 | Kvarcno staklo | 3,7 |
| Vosak | 2,2 | Silicijum | 2,8 |
| Kvarcni pesak | 4,5 | | |
| Meka guma | 2,5 | | |

PRIMENA

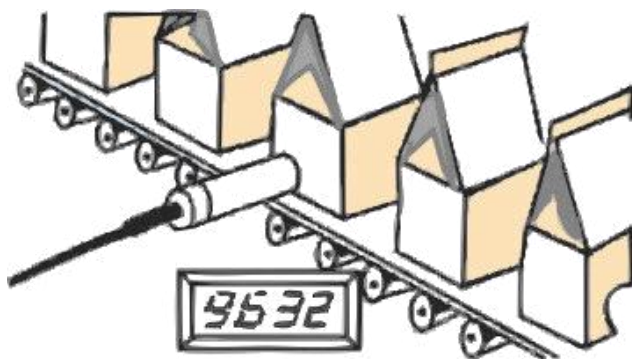
- Ovi senzori imaju veoma širok spektar upotrebe.
- Mogu se upotrebljavati za sve vrste rasutih materijala čija vlažnost prelazi $>2,5\%$.
- Njihov opseg primene u zavisnosti od temperature je u standardnoj verziji od -40 do $+90^{\circ}\text{C}$ a u specijalnim slučajevima do 150°C .
- Kapacitivni senzori su danas najpouzdaniji tip senzora kako u pogledu cene tako i u pogledu efikasnosti primene.



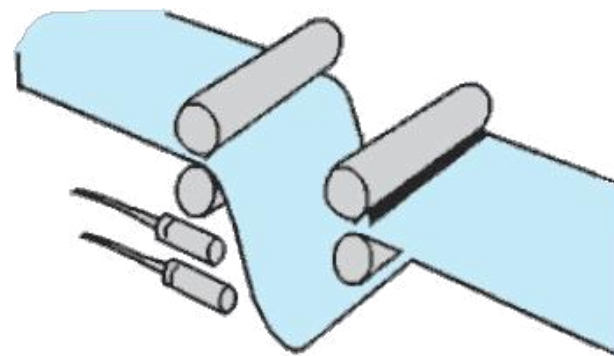
Merenje nivoa tečnosti u plastičnom ili staklenom sudu



Merenje nivoa praškastog materijala

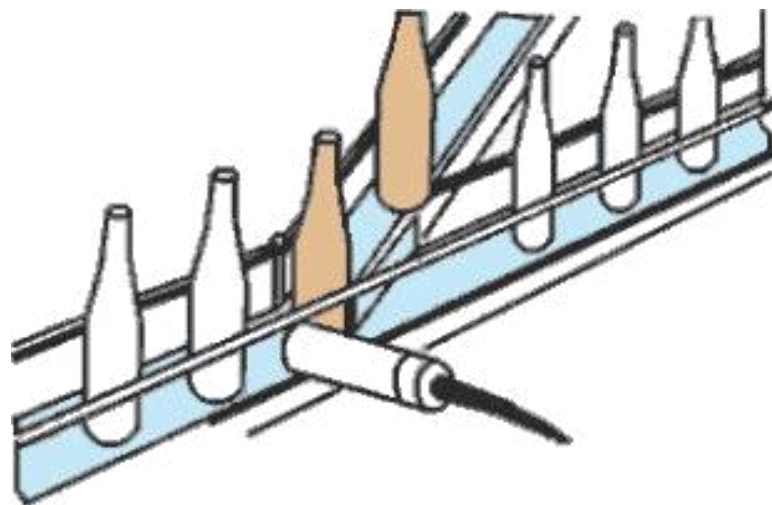


Detekcija i brojanje



Provera kidanja





Brojanje flaša



| Koji senzor gde? Matrijal | Kapacitivni štapni senzor | Kapacitivni senzor na sajli | Kapacitivni inicijator | Vibracioni štapni senzor | Rotacioni elisni prekidač |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Žito | Da | Da | Da | | Da |
| Brašno | Da | Da | Da | Da | |
| Stočna hrana | Da | Da | Da | Da | Da |
| Prašakasti | Da | Da | Da | Da | |
| Slad | Da | Da | Da | Da | |
| Mekinje | Da | Da | Da | | |
| Šećer | | | | Da | Da |
| Kreč | | | Da | Da | Da |
| Cement | | | | Da | Da |
| Sljunak < 60mm | Da | Da | | | Da |
| Pesak | | | Da | Da | Da |
| Seme trave | Da | Da | Da | | |
| Uljana repica | Da | Da | Da | Da | |
| Repin rezanac | Da | Da | Da | Da | Da |



Principi realizacije

Načini gradnje kapacitivnih senzora razlikuju se prema tome da li se promena kapaciteta ostvaruje:

- ✓ menjanjem aktivne površine između ploča (elektroda),
- ✓ menjanjem zazora između elektroda ili
- ✓ promenom dielektrika.

Menjanganjem aktivne površine između ploča (elektroda)

