

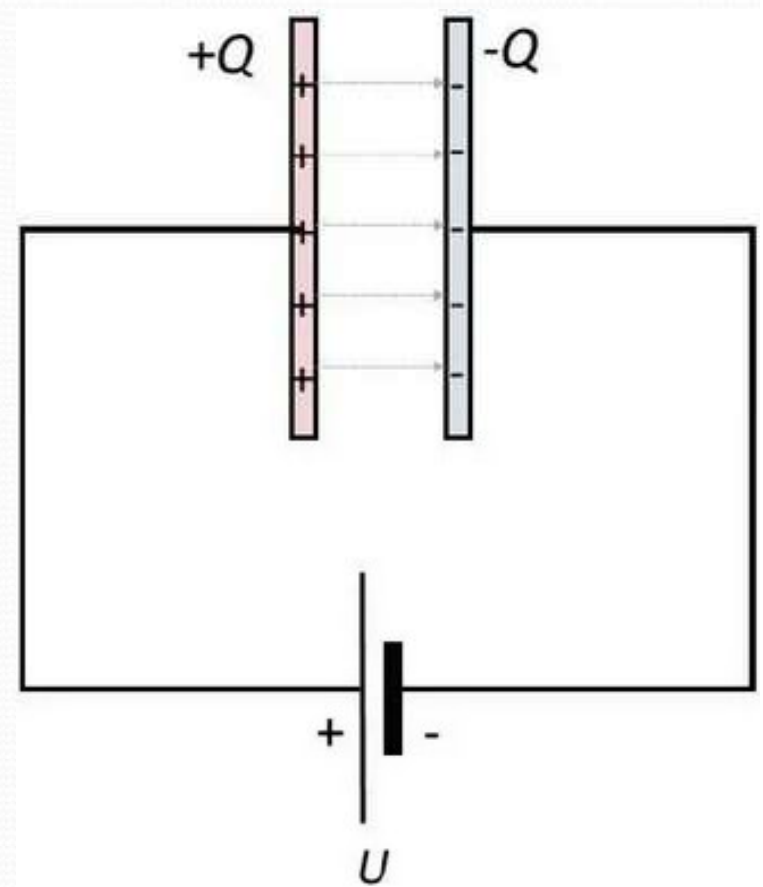
KONDENZATORI

KONDENZATORI

- U elektrotehnici često su nam potrebni uređaji koji mogu primiti znatnu količinu elektriciteta.
- Takvi uređaji velikog električnog kapaciteta zovu se **KONDENZATORI**.
- Kondenzator je uređaj sastavljen od dva vodiča između kojih se nalazi izolator, gdje izolator može biti i zrak.
- Ako vodiče priključimo na izvor napona oni se nabiju jednakim iznosima suprotnog predznaka.

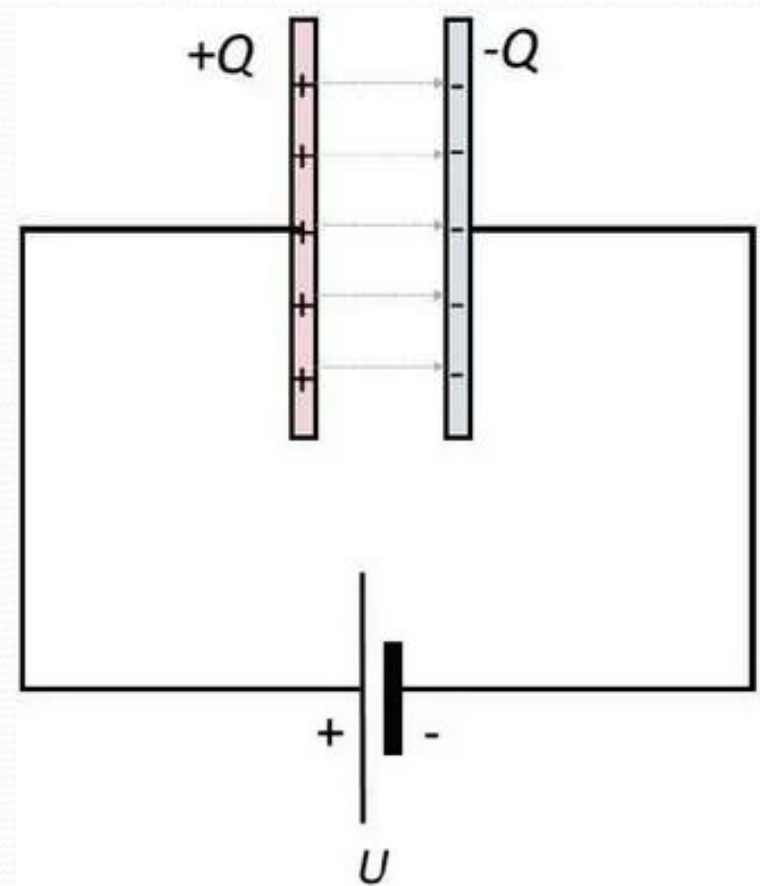
KONDENZATORI

- Na elementu, sačinjenom od metalnih ploča (elektroda), razdvojenih **dielektrikom** može se pohraniti električni naboj.
- **Dielektrik (izolator)** – tvar ili medij koji ne provodi električnu struju
- Količina pohranjenog naboja na elektrodama razmjerna je električnom naponu.
- Povećanjem napona doći će do većeg izdvajanja naboja i njihovog zbijanja (zgušnjavanja) na elektrodama.



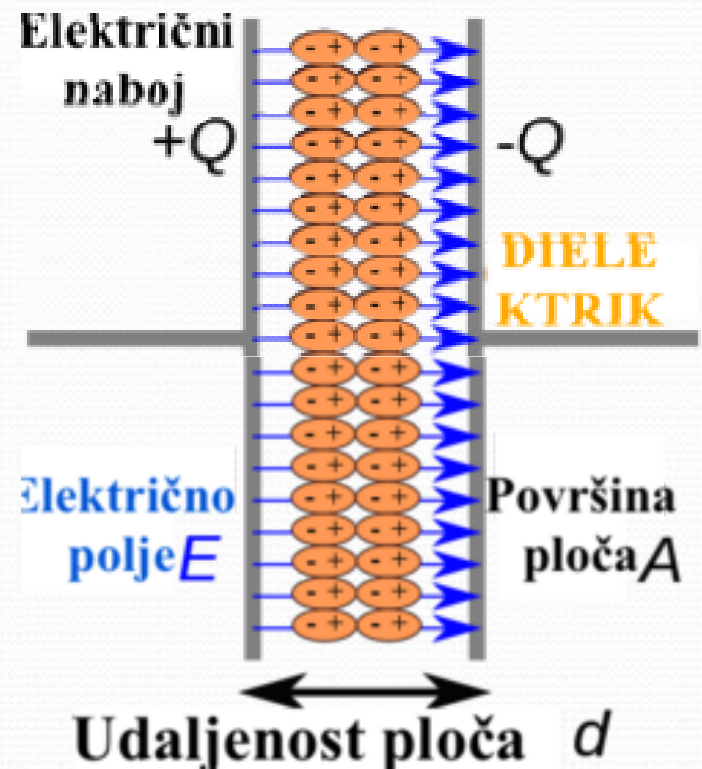
KONDENZATORI

- Sposobnost pohrane energije u obliku električnog naboja naziva se **električni kapacitet**.
- Električni kapacitet kondenzatora razmjeran je dielektričnoj permitivnosti (ϵ) izolatora.
- Kapacitet je veći što je veća površina elektroda te što je manji razmak među njima.
- Kapacitet kondenzatora povećava se ako između njegovih ploča umjesto zraka stavimo sloj nekog drugog izolatora.



POLARIZACIJA DIELEKTRIKA

- Znamo da su u izolatoru elektroni čvrsto vezani uz atome i molekule.
- Tkd. znamo da dovođenjen napona na elektrode stvaramo električno polje, u kojem se u sredini nalazi izolator.
- Zbog električnog polja središta pozitivnog i negativnog naboja u atomu nisu više u istoj točki.
- Na atomu su se pojavili električni polovi, pa kažemo da se atom polarizirao.
- Budući da polarizacija nastaje u dielektriku (izolatoru), zovemo je **polarizacija dielektrika**.



RELATIVNA DIELEKTRIČNOST

- Polarizacija nije jednaka kod svih izolatora, pa je stoga i stupanj polarizacije kod različitih izolatora različit.
- **Relativna dielektričnost** nekog izolatora je broj koji nam pokazuje koliko se puta poveća kapacitet nekog kondenzatora ako među njegove ploče umjesto zraka stavimo taj izolator.

IZOLATOR	ϵ_r	IZOLATOR	ϵ_r
vakuum	1	pertinax	4
zrak	1	porculan	4
papir	2	staklo	6
mineralno ulje	2	tinjac	7
guma	3	aluminijev oksid	8
bakelit	4	voda	80

KAPACITET KONDENZATORA

- Gustoća električnog toka u vakuumu i zraku:

$$\mathbf{D} = \epsilon_r * \mathbf{E}$$

- Ako električno polje prolazi kroz izolator, gustoća se povećava toliko puta kolika je relativna dielektričnost izolatora:

$$\mathbf{D} = \epsilon_r * \epsilon_0 * \mathbf{E}$$

- Znamo da je $E = \frac{U}{l}$ pa dobijemo:

$$\mathbf{D} = \epsilon_r * \epsilon_0 * \frac{U}{l}$$

- Ako izraz za električni naboj ($Q = D * S$) te uvrstimo u formulu za kapacitet dobijemo:

$$C = \frac{Q}{S} = \frac{D \cdot S}{U} = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{U}{l} \cdot S}{U} = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot S}{l}$$

KAPACITET KONDENZATORA

- Dobijamo:
$$C = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot S}{l}$$
- Gdje je:
 - C – kapacitet kondenzatora (F)
 - ϵ_r – relativna dielektričnost izolatora
 - ϵ_0 – dielektričnost vakuuma (C/Vm)
 - S – površina ploča kondenzatora (m²)
 - l – udaljenost ploča (m)
 - $\epsilon_0 = 8.86 \cdot 10^{-12}$ C/Vm KONSTANTA!
- **Kapacitet kondenzatora je, dakle, to veći što je veća relativna dielektričnost izolatora, veća površina ploča i manja udaljenost između ploča.**

KAPACITET KONDENZATORA

- PRIMJER: Površina ploča nekog kondenzatora je 60 cm², a međusobna udaljenost njegovih ploča iznosi 1 mm. Koliki je kapacitet tog kondenzatora ako se između njegovih ploča nalazi
 - a) zrak
 - b) tinjac

$$\begin{aligned} S &= 0,006 \text{ m}^2 \\ l &= 0,001 \text{ m} \\ \epsilon_0 &= 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ C/Vm} \\ \epsilon_r &= 1 \text{ (zrak)} \\ \epsilon_r &= 7 \text{ (tinjac)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_1 &= ? \\ C_2 &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a) } C_1 &= \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot S}{l} = \frac{1 \cdot 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 0,006}{0,001} = \\ &= 53,16 \cdot 10^{-12} = 0,000\,000\,000\,053 \text{ F} = \mathbf{53 \text{ pF}} \end{aligned}$$

b) Kapacitet kondenzatora s tinjcem je sedam puta veći jer je relativna dielektričnost tinjca sedam puta veća.

$$C_2 = 7 \cdot C_1 = 7 \cdot 53 = \mathbf{371 \text{ pF}}$$

ENERGIJA U KONDENZATORU

- Energija u napunjenom kondenzatoru jednaka je radu koji je izvor morao obaviti tokom punjenja. Obavljen rad jednak je:

$$A = F \cdot l_c$$

- Sila je $F = E \cdot Q_c$ pa dobijemo: $A = E \cdot Q_c \cdot l_c$
- Jakost električnog polja pri punjenju kondenzatora raste od nule do konačne vrijednosti E . Možemo reći da za vrijeme punjenja na naboj djeluje električno polje $E/2$:

$$A = \frac{E}{2} \cdot Q_c \cdot l_c = \frac{U_c}{2 \cdot l_c} \cdot Q_c \cdot l_c = \frac{U_c \cdot U_c \cdot C \cdot l_c}{2 \cdot l_c} = \frac{U_c^2 \cdot C}{2}$$

jer je: $E' = \frac{U_c}{l_c} \quad Q_c = U_c \cdot C$

ENERGIJA U KONDENZATORU

- Ako zanemarimo toplinske gubitke, sav rad se pretvara u energiju nabijenog kondenzatora:

$$W_c = \frac{U_c^2 \cdot C}{2}$$

- W_c – energija napunjenog kondenzatora (J)
 - C – kapacitet kondenzatora (F)
 - U_c – napon između ploča napunjenog kondenzatora (U)
- Ako u ovo formulu uvrstimo izraz za kapacitet pločastog kondenzatora dobijemo:

$$W_c = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S \cdot U_c^2}{2l}$$

ENERGIJA U KONDENZATORU

- PRIMJER: Kod stroboskopa dobiva se energija potrebna za stvaranje bljeska iz napunjenog kondenzatora. Koliki treba biti kapacitet tog kondenzatora da prilikom pražnjenja s 1000V dade energiju 150J?

$$\begin{array}{l} W_e = 150 \text{ J} \\ U_c = 1000 \text{ V} \\ \hline C = ? \end{array}$$

$$W_e = \frac{U_c^2 \cdot C}{2}$$

$$C = \frac{2 \cdot W_e}{U_c^2}$$

$$C = \frac{2 \cdot 150}{1\,000\,000}$$

$$C = 0,0003 \text{ F} = 300 \mu\text{F}$$

VRSTE KONDENZATORA

- Kondenzatori su sastavni dijelovi najrazličitijih uređaja slabe i jake struje.
- S obzirom na raznolikost primjene, kondenzatori se proizvode u mnogim tehničkim izvedbama.
- Glavna podjela:
 - Kondenzatori stalnog kapaciteta
 - Kondenzatori promjenjivog kapaciteta



KONDENZATORI STALNOG KAPACITETA

- Kapacitet ovih kondenzatora mora imati stalnu vrijednost, ali se ipak više-manje mijenja zbog vanjskih utjecaja (vlaga, temperatura, starenje)
 - Kondenzatori s tinjcem (liskunom)
 - Keramički kondenzatori
 - Kondenzatori s papirom
 - Elektrolitski kondenzatori

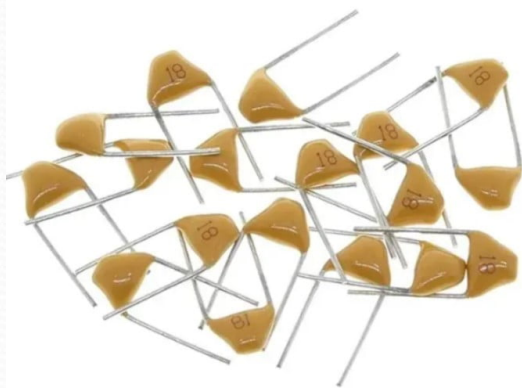
KONDENZATORI S TINJCEM

- Kondenzator s liskunom (tinjcem) je visokokvalitetni, stabilni i precizni kondenzator.
- Koristi liskun (tinjac) kao dielektrik.
- Poznati su po svojoj iznimnoj pouzdanosti, niskoj razini gubitaka i visokoj stabilnosti pri promjenama temperature.
- Unatoč svojoj vrhunskoj kvaliteti, danas ih često zamjenjuju keramički kondenzatori koji su manji i jeftiniji, no za specifične RF i visokoprecizne aplikacije, ostaju nezamjenjivi.



KERAMIČKI KONDENZATORI

- Imaju tanko keramičko tijelo u raznim oblicima na čiju je površinu s obje strane nanesen tanki sloj srebra.
- Upotrebljavaju se specijalne keramičke mase čija je relativna dielektričnost vrlo velika, tako mogu imati znatan kapacitet.



KONDENZATORI S PAPIROM

- Ovi kondenzatori s papirom kao dielektrikom nisu tako kvalitetni ali su jeftiniji od drugih vrsta kondenzatora.
- Izrađuju se tako da se dvije trake od papira namočene uljem ili parafinom motaju zajedno s dvije metalne vrpce u svitak koji se zatim umeće u kutije i zalije smolom.
- Da bi se smanjili gubici, danas se umjesto papira upotrebljava plastika (stirofleks-kondenzatori)



ELEKTROLITSKI KONDENZATORI

- Ovi kondenzatori imaju aluminijsku anodu, a kao katoda je neki elektrolit.
- Anoda je prekrivena aluminijevim oksidom koji djeluje kao dielektrik.
- Zbog male udaljenosti elektroda ovi kondenzatori imaju vrlo velike kapacitete.
- Mogu se koristiti samo u istosmjernoj struji.

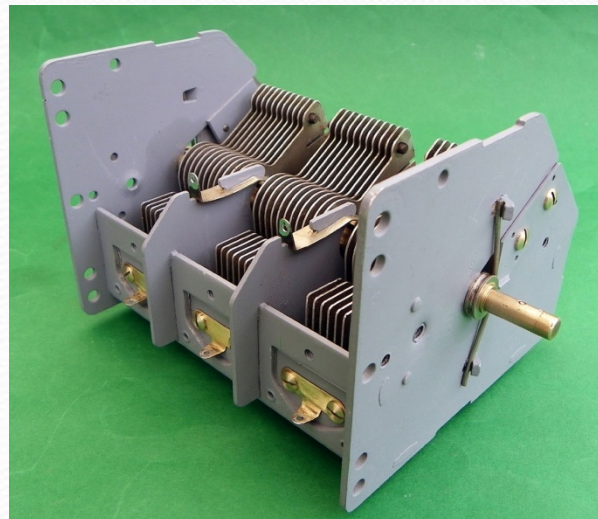


KONDENZATORI PROMJENJIVOG KAPACITETA

- Kapacitet ovih kondenzatora može se mijenjati promjenom aktivne površine ploča.
- Zbog velike udaljenosti ploča njihov je kapacitet obično vrlo malen.
- Kondenzatori s zračnim dielektrikom
- Kondenzatori s krutim dielektrikom
- Kondenzatori za ugađanje

KONDENZATORI SA ZRAČNIM DIELEKTRIKOM

- Sastoje se od dvije ili više paralelnih metalnih ploča (stator i rotor) razdvojenih zračnim razmakom.
- Prednosti su izvrsna stabilnost, niski gubici te su prikladni za visoke frekvencije.
- Nedostatak je fizička veličina za kapacitet.
- Primarno primjena u titrajnim krugovima za ugađanje frekvencije, antenskim mrežama i mjernim instrumentima.



KONDENZATORI SA KRUTIM DIELEKTRIKOM

- Imaju veći kapacitet uz manje dimenzije od kondenzatora sa zrakom.
- Ostala dielektrična svojstva su lošija.
- U ovim kondenzatorima se umjesto zraka između ploča nalazi liskun ili neka plastična masa.



KONDENZATORI ZA UGAĐANJE

- Ovi kondenzatori (trimeri) su neznatnog kapaciteta.
- Kapacitet se namješta pri izradi nekog uređaja, pa većinom nije moguća vanjska regulacija.
- Najčešće se koriste za fino ugađanje u RF krugovima (radio, oscilatori) i obično su montirani izravno na tiskanu pločicu.

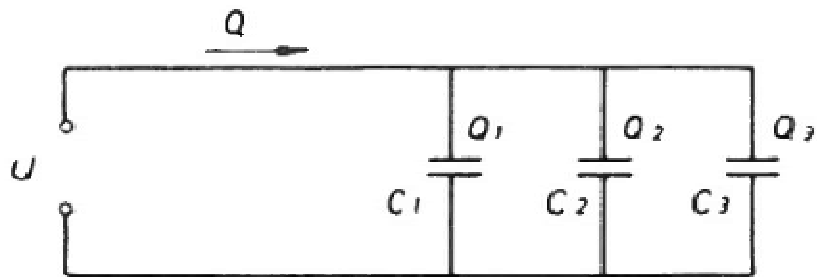


OZNAČAVANJE KONDENZATORA

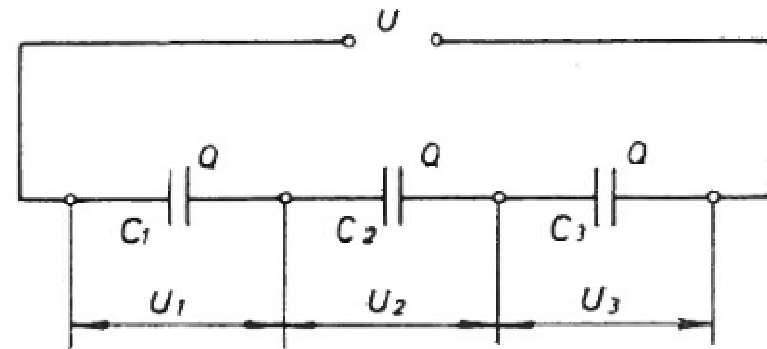
- Prema propisima, na svakom kondenzatoru mora biti jasno označeno:
 - Kapacitet kondenzatora (F)
 - Točnost navedenog kapaciteta u % (tolerancija)
 - Maksimalni radni napon u V
- Na kondenzatorima mora biti oznaka proizvođača, tipa i temperaturne granice.



SPAJANJE KONDENZATORA



Paralelno spajanje kondenzatora



Serijsko spajanje kondenzatora

- Ukupni kapacitet paralelno spojenih kondenzatora jednak je zbroju kapaciteta pojedinih kondenzatora.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

- Recipročna vrijednost ukupnog kapaciteta jednaka je zbroju recipročnih vrijednosti kapaciteta pojedinih kondenzatora.

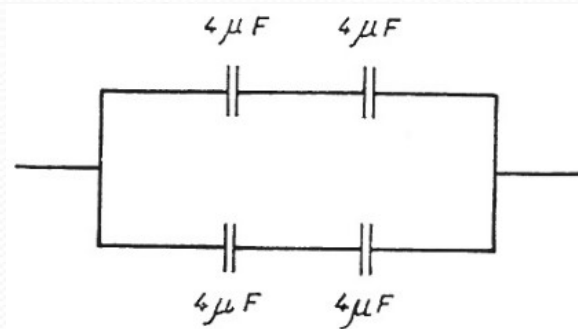
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

ZADACI

1. Kolika je relativna dielektričnost izolatora koji se nalazi između ploča kondenzatora ako je površina ploča $0,15 \text{ m}^2$, međusobna udaljenost ploča $0,1 \text{ mm}$, a kapacitet kondenzatora $0,05 \text{ } \mu\text{F}$?
2. Kolika mora biti udaljenost ploča kondenzatora čija je površina $0,3 \text{ m}^2$ da dobijemo kapacitet od $2 \text{ } \mu\text{F}$? Između ploča se nalazi aluminijev oksid.
3. Koliki je kapacitet dviju okruglih metalnih ploča promjera 40 cm koje su međusobno udaljene 3 mm ako je prostor između njih ispunjen pertinaksom?
4. Koliko mora biti udaljenost između ploča kondenzatora čija je površina 500 m^2 da kapacitet bude $155 \text{ } \mu\text{F}$? Razmak između ploča je ispunjen tinjcem. Koliki mora biti taj razmak da dobijemo kapacitet $62 \text{ } \mu\text{F}$?

ZADACI

1. Koliki je ukupni kapacitet četiri kondenzatora od po $4 \mu\text{F}$ ako su spojeni po shemi:



2. Koliki je kapacitet triju kondenzatora od $0,4 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F}$ i $2 \mu\text{F}$ ako su spojeni a) paralelno, b) serijski?
3. Dva serijski vezana kondenzatora priključena su na napon od 220V . Prvi kondenzator ima kapacitet $10 \mu\text{F}$ i prima napon od 100V . Koliki je kapacitet drugog kondenzatora i koliki je njihov ukupni kapacitet?

