

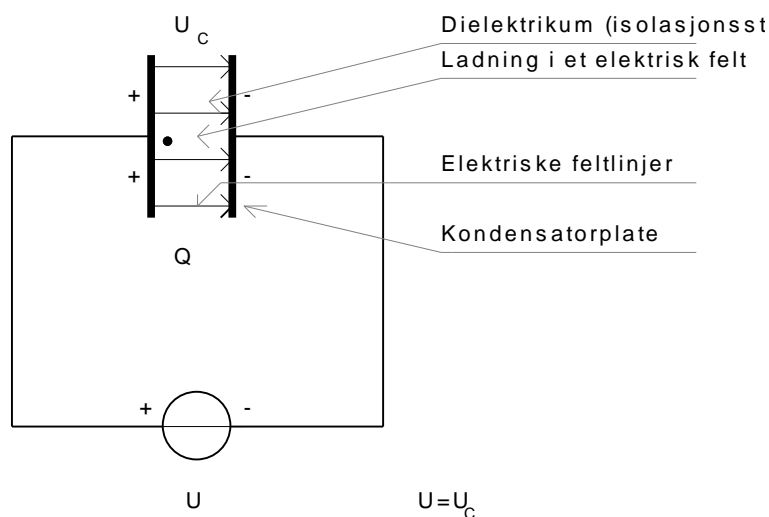
4.1 FELTVIRKNINGER I ET ELEKTRISK FELT

Mellom to ledere eller to plater med forskjellig potensial vil det virke krefter. Når ladningen i platene eller lederne er forskjellige vil platene tiltrekke hverandre og når ladningene er like vil de frastøte hverandre. Hvis platene eller lederne har et stoff mellom hverandre som gjør at de ikke kan bevege seg i forhold til hverandre oppstår det et elektrostatisk felt.

Det elektrostatiske felt eller elektrisk felt forklares med feltlinjer mellom platene eller lederne. Retningen til feltlinjene beveger seg fra plate eller leder med positiv ladning til plate eller leder med negativ ladning. Feltlinjene angir den retning en ladning vil bevege seg i et elektrisk felt. Antall feltlinjer øker med økende elektrisk felt.

KONDENSATOR

Figur 4.1.1



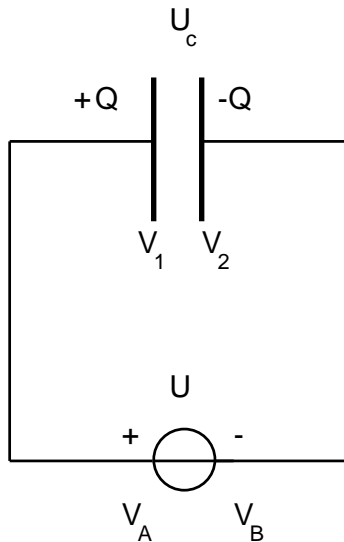
Kondensatorprinsippet:

En kondensator har to metallplater som får hver sin ladning når platene tilkoples en spenningskilde. Platene skilles med et dielektrikum - isolasjonsstoff. Mellom platene oppstår det et elektriskfelt framstilt med feltlinjer.

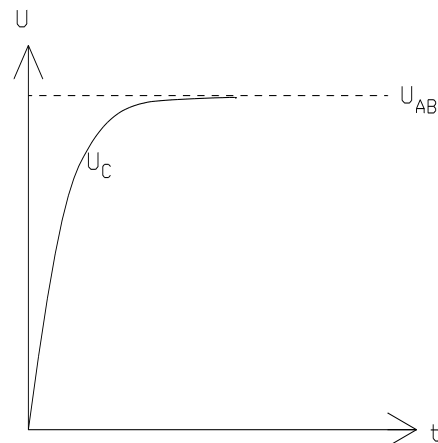
Koples spenningskilden fra vil kondensatoren beholde sin ladning. Hvis kondensatoren blir tilkopleet en ytre belastning vil kondensatoren gradvis bli utladet avhengig av belastningens størrelse. En kondensator kan sammenliknes med et batteri, men med mye kortere tid å lade seg ut over en ytre belastning.

KAPASITANS

Figur 4.1.2



Figur 4.1.3



I det spenningskilden blir tilkopleet kondensatoren vil det være en potensialforskjell mellom V_A og V_1 og mellom V_B og V_2 . Elektronene vil da bevege seg fra - til + og ladestrømmen vil lade opp kondensatoren slik at potensialene i $V_A = V_1$ og $V_B = V_2$ mens V_1 og V_2 blir forskjellige.

Ladestrømmen går mot null når kondensatoren får mer og mer lik potensial som spenningskilden

Ved ladet kondensator

$$U_C = V_1 - V_2 \quad 4.1.1$$

U_C	spenningen over kondensatoren (V)
V_1	potensialet i kondensatorplate 1 (V)
V_2	potensialet i kondensatorplate 2 (V)

Når en kondensator er oppladet er kondensatorspenningen lik påtrykt spenning og strømmen null.

Kapasitansen er en konstant verdi avhengig av ladningen Q mellom platene og spenningen U over platene.

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

4.1.2

C	kapasitans (F) (Farad)
Q	ladning (C)
U	spenning over kondensatorplatene (V)

Kapasitansen 1 F får vi når platene til en kondensator har en ladning 1 C og spenning 1 V.

Kapasitansen er en verdi kondensatoren er påstemplet. Verdien er uforandret selv om strøm og spenning forandres.

STRØMSTØT

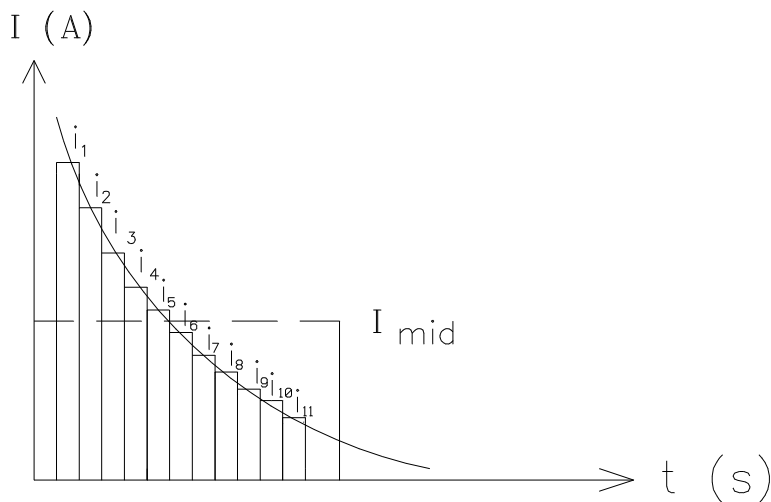
I det en kondensator som har nøytral polarisasjon blir tilkopleet en spenningskilde er det størst forskjell mellom spenningen over kondensatoren og spenningskilden. I det øyeblikk blir ladestrømmen maksimal, mens den minker mot null ettersom kondensatorspenningen og spenningen til spenningskilden blir mer og mer lik.

$$Q = I_{mid} \cdot t \quad 4.1.3$$

$$\psi = I_{mid} \cdot t \quad 4.1.3$$

- $I_{mid} \cdot t$ strømsstøt (As)
- I_{mid} midlere strømsstøt (A)
- t tiden (s)
- Q ladning (C)
- ψ elektrisk fluks (As)

Figur 4.1.4



Søylene skal stå inntil hverandre i hele det felt midlere strømsstøt skal undersøkes.

$$Q=Q_1+Q_2+Q_3+\cdots+Q_n$$

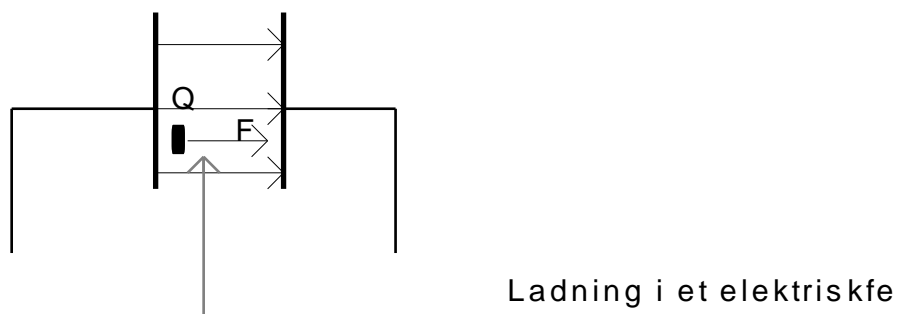
$$I_{\text{mid}}=i_1+i_2+i_3+\cdots+i_n$$

Ladningen Q er arealet av søylene. Summerer vi mange nok små strømsøyler under oppladning av en kondensator får vi midlere strømstøt for det begrensede tidsrom strømdringen varer.

FELTSTYRKE

En ladning som befinner seg i et elektrisk felt blir påvirket av en kraft. Øker vi ladningen øker kraften tilsvarende. Forholdet kraft dividert på ladning har den konstante verdien elektrisk feltstyrke E .

Figur 4.1.5



$$E = \frac{F}{Q}$$

4.1.5

$$E = \frac{F}{\psi}$$

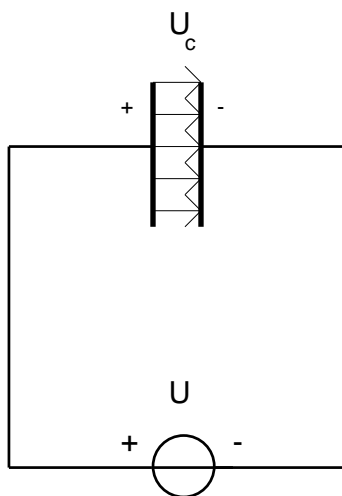
4.1.6

- E elektrisk feltstyrke (V/m)
- F kraften fra feltet på ladningen (N)
- Q ladningen (C)
- ψ elektrisk fluks (As)

Forholdet mellom kraften fra et elektrisk felt og ladningen til et punkt er konstant.

FELTSTYRKE I ET HOMOGENT FELT

Figur 4.1.6



En annen måte å finne elektrisk feltstyrke på er når en tar utgangspunkt fra tidligere kjente lover/formler som spenning er lik arbeid dividert på ladningen

$$\text{I} \quad U = \frac{W}{Q} \quad (2.2.3)$$

og arbeid er lik kraft multiplisert med strekning

$$\text{II} \quad W = F \cdot s$$

For å finne elektrisk feltstyrke pr ladning må en dividere med ladningen på begge sider i likning II, dette gir:

$$\text{I+II} \quad \frac{W}{Q} = \frac{F \cdot s}{Q}$$

Feltstyrken i et homogent felt eller tilnærmet homogent felt kan uttrykkes:

$$U = E \cdot s$$

eller

$$\boxed{E = \frac{U}{s}}$$

4.1.6

- E elektrisk feltstyrke (V/m)
- U spenningen (V)
- s avstanden mellom platene (m)

Homogent felt er når feltstyrken er lik i hele kondensatoren.

FLUKSTETTHET

Flukstettheten D er antall feltlinjer loddrett på et areal A .

$$D = \frac{\psi}{A} \quad 4.1.7$$

D	flukstetthet (C/m^2)
ψ	fluks (As)
A	areal (m^2)

FLATETETTHET

Flatetetthet σ er en ladning Q jevnt fordelt på et areal A .

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad 4.1.8$$

σ	flatetetthet (C/m^2)
Q	ladningen (C)
A	areal (m^2)

Flukstettheten og flatetettheten er like verdier.

$$D = \sigma \quad 4.1.9$$

Dette medfører:

$$D = \frac{\psi}{A} = \frac{Q}{A} = \sigma \quad 4.1.10$$

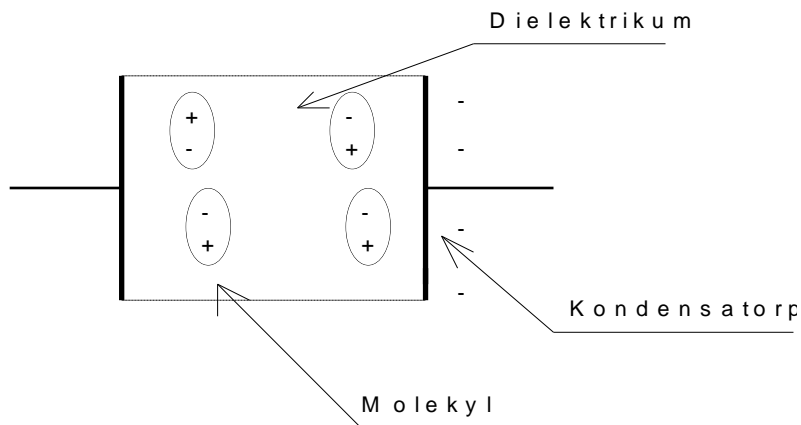
DIELEKTRIKUM

Dielektrikum er et isolasjonsstoff som er plassert mellom to ladde plater i en kondensator. De fleste isolasjonsstoff (faste stoff) holder kondensatorplatene fra hverandre. Isolasjonsstoffene som benyttes har forskjellig isolerende virkning. Vakuum er det dielektrikum som isolerer best, men det kan ikke benyttes som mekanisk skille til kondensatorplatene.

Når platene i en kondensator får hver sin ladning vil molekylene til dielektrikumet rette seg inn etter kondensatorplatenes polarisasjon. Den positive delen av hvert molekyl vil tiltrekkes den negative kondensatorplaten og den negative delen av hvert molekyl vil tiltrekkes den positive kondensatorplaten.

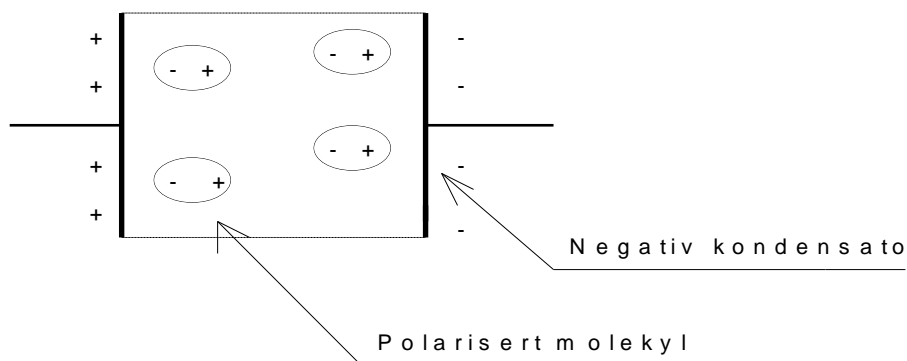
Figur 4.1.7

Nøytralisert kondensator:
(ikke oppladet kondensator)



Figur 4.1.8

Oppladet kondensator:



Molekylene i dielektrikumet vil holde polarisasjonen til kondensatorplatene helt til denne energien blir utladet over en belastning eller kortsluttet.

Isolasjonsstoffene kan påvirkes av ytre faktorer som:

- overslag av elektroner i isolasjonsmaterialet
- forandring av isolasjonsegenskapene ved temperaturforandring
- fuktighets inntrengning i isolasjonsstoffet
- kondensering av flytende isolasjonsstoff
- mekanisk deformering av isolasjonsstoffet

Den mekaniske deformeringen av et dielektrikum skyldes polarisering. Noen isolasjonsstoff lar seg lettere polarisere enn andre som f.eks Kvarts. Dette kalles *Piezoelktrisk effekt*.

Når Kvarts utsettes for trykk oppstår det elektrisk ladning. Forandres trykket forandres ladningens polaritet. Det samme gjelder når Kvarts blir plassert i et elektrisk felt. Kvarts beveger seg etter feltretningen.

Plasseres en Kvartsplate i et elektrisk felt som veksler polaritet - vekselfelt, begynner Kvartsplaten og svinge med egen frekvens. Den frekvensen er meget nøyaktig og brukes i klokker og for å holde en radiosender i riktig bølgelengde.

Stoffer som blir produsert med permanent polarisasjon kalles en *Elektret*. *Elektret* kan lages ved at visse stoffer stivner, mens de påvirkes av et elektrisk felt. Stoffet omgis da av et permanent elektrisk felt i likhet med en permanentmagnet.

Dielektrikumet mellom kondensatorplatene har en konstant verdi som kalles dielektrisk konstant eller permittivitet.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

4.1.11

ε	permittiviteten (F/m)
σ	flatetetthet (C/m ²)
E	elektrisk feltstyrke (V/m)

Permittiviteten forholder seg til flatetettheten dividert på elektrisk feltstyrke. Permittiviteten er en konstant verdi for de forskjellige dielektrikaene.

EKSEMPEL 4.1.1

En kondensator som blir tilkopleet en spenning på 110 V har et plateareal på $1,2 \text{ m}^2$. Avstanden mellom kondensatorplatene er 0,5 mm. Ladningen til kondensatorplatene er 15 nC.

- a) Beregn feltstyrken mellom platene.
- b) Finn flukstettheten.

Løsning:

- a) Feltstyrken mellom platene:

$$E = \frac{U}{s} = \frac{110\text{V}}{0,5 \cdot 10^{-3}\text{m}} = \underline{\underline{2,2 \cdot 10^5 \text{V/m}}}$$

- b) Flukstettheten:

$$D = \sigma = \frac{Q}{A} = \frac{15 \cdot 10^{-9}\text{C}}{1,2\text{m}^2} = \underline{\underline{1,25 \cdot 10^{-8} \text{C/m}}}$$

OPPGAVER

4.1.1

Finn ladningen på platene til en kondensator som blir tilført en midlere ladestrøm på 2 A. Strømstøtet varer i 1,5 sekund.

4.1.2

Hvor lang tid bruker en kondensator på å nå 5 mC når den blir tilført en midlere strøm på 1,67 mA?

4.1.3

En ladning i et elektrisk felt blir påvirket av en kraft på 15 N. Hva blir feltstyrken, når ladningen er 20 mC?

4.1.4

En ladning i et felt er på 10 mC når feltstyrken er på 5 V/m. Hvilken kraft virker på ladningen?

4.1.5

Avstanden mellom to kondensatorplater er 0,2 mm. Hva blir feltstyrken mellom platene når spenningen til kondensatoren er 50 V?

4.1.6

Hvilken spenning blir tilført en kondensator som har en avstand mellom platene på 0,7 mm og en elektrisk feltstyrke på $3,4 \cdot 10^5$ V/m?

4.1.7

Finn avstanden mellom platene til en kondensator som har en feltstyrke på $1,5 \cdot 10^5$ V/m og en spenning på 75 V.

4.1.8

En kondensator har et plateareal på 40 cm^2 . Avstanden mellom platene er på 1 mm og kondensatoren blir tilført en spenning på 220 V. Ladningen til kondensatorplatene er 10 nC.

- a) Finn feltstyrken mellom platene.
- b) Regn ut flukstettheten.

4.1.9

Hvilket areal har platene til en kondensator med ladning 3,5 nC og en flukstetthet på $10,0 \text{ } \mu\text{C}/\text{m}^2$?

4.1.10

Hvilket dielektrikum har en kondensator med en feltstyrke på $2,5 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ og flukstetthet på $4,43 \text{ } \mu\text{C}/\text{m}^2$? (Tips formel 4.2.1)