

4.1.10 Technické kondenzátory, energie kondenzátoru

Předpoklady: 4109, 4105, 4106, mechanická práce

Typy kondenzátorů, většinou podle typu dielektrika:

Vakuové – kovové elektrody oddělené vakuem \Rightarrow malá kapacita, velké povolené napětí

Papírové – svitek hliníkové fólie oddělené vrstvou voskového papíru \Rightarrow dnes zastaralé

Keramické – střídající se vrstvy kovu a keramiky, menší kapacita, ale časté použití

Elektrolytické kondenzátory – anoda – hliníková fólie s vyleptaným povrchem (zvětšení plochy), na ní chemicky vytvořená vrstva Al_2O_3 (dielektrikum), druhou elektrodou je elektrolyt \Rightarrow

- tenké dielektrikum \Rightarrow velká kapacita, ale nízké napětí
- nutné dodržovat polaritu (při přepólování se chemicky rozloží vrstva Al_2O_3)

kromě hliníku se dělají elektrolytické kondenzátory i z tantalu (lepší, ale dražší)

Př. 1: Elektrická pevnost Al_2O_3 je řádově $10^9 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, jeho relativní permitivita 8,5. Urči minimální tloušťku vrstvy Al_2O_3 v elektrolytickém kondenzátoru o povoleném napětí 16 V. Jaká musí být plocha anody, pokud má kondenzátor kapacitu $2200 \mu\text{F}$?

Tloušťka vrstvy:

$$\text{Platí: } U = Ed \Rightarrow d = \frac{U}{E} = \frac{16}{10^9} \text{ m} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 0,016 \mu\text{m}$$

$$\text{Kapacita kondenzátoru: } C = \frac{S \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}{d}$$

$$S = \frac{C \cdot d}{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r} = \frac{2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-8}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 8,5} \text{ m}^2 = 0,47 \text{ m}^2$$

Vrstva Al_2O_3 musí mít minimální tloušťku $0,18 \mu\text{m}$. Pokud má mít kondenzátor požadovanou kapacitu musí mít jeho desky plochu $0,47 \text{ m}^2$.

I přes tenkou vrstvu dielektrika, musí mít elektrolytický kondenzátor značnou plochu.

Speciální typ – **proměnné (ladicí) kondenzátory** – kondenzátory s proměnnou kapacitou, většinou pevné desky, do kterých se mohou zasunovat otočné desky, dříve se pomocí ladicích kondenzátorů ladily stanice na rádiu

Při pokusech s LEDkou a kondenzátorem, jsme viděli, že LEDka svítí i bez zdroje, když ji připojíme k nabitému kondenzátoru \Rightarrow v kondenzátoru je možné schovat elektrickou energii.

Jak je velká?

Odhad:

velké napětí \Rightarrow větší energie

velká kapacita (větší náboj) \Rightarrow větší energie

Jak přesný vzorec?

Budu nabíjet kondenzátor a sledovat práci, kterou při tom vykonám. Energie bude odpovídat této práci.

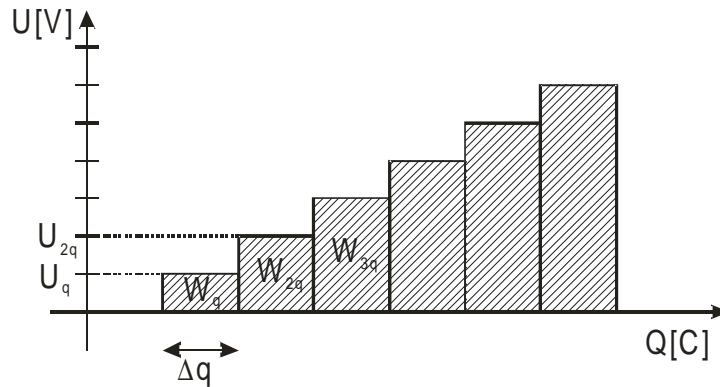
Mám nenabitý kondenzátor $U=0\text{ V}$, nabiji ho malým nábojem $\Delta q \Rightarrow$

$$W = U \cdot Q = 0 \cdot \Delta q = 0$$

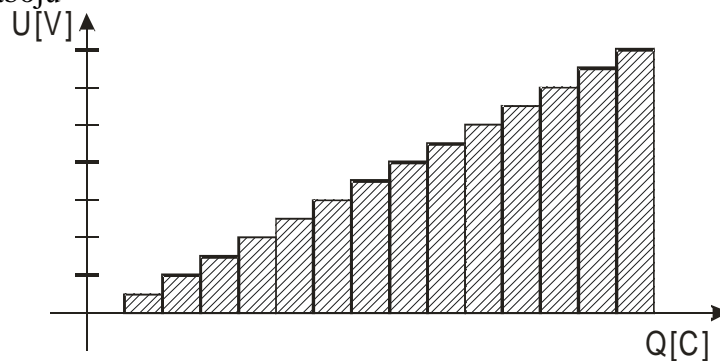
Nyní je už na kondenzátoru napětí $U_q \Rightarrow$ musím vynaložit práci $W = U \cdot Q = U_q \cdot \Delta q = W_q$

Napětí se zvětšilo na $U_{2q} \Rightarrow$ musím vynaložit práci $W = U \cdot Q = U_{2q} \cdot \Delta q = W_{2q}$

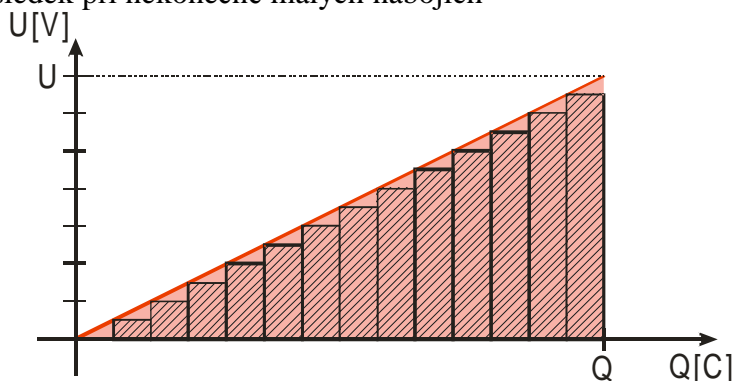
a tak dále, napětí se stále zvyšuje a je stále těžší přenášet další náboje, při každém dalším přenesení musím vykonat větší práci \Rightarrow nakreslím graf



celková práce = obsah všech čtverečků, obrázek je pouze přibližný \Rightarrow přesnější výsledek při přenášení menších nábojů



\Rightarrow nejpresnější výsledek při nekonečně malých nábojích



Energie = obsah červené plochy

$$E = \frac{1}{2} U \cdot Q = \frac{1}{2} U \cdot U \cdot C = \frac{1}{2} C \cdot U^2$$

Př. 2: Porovnej vzorec pro energii kondenzátoru se vzorcem pro kinetickou energii.

Vzorec	Energie kondenzátoru $E = \frac{1}{2} C \cdot U^2$	Kinetická energie tělesa $E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$	Energie pružiny $E = \frac{1}{2} k \cdot x^2$
Charakteristika předmětu	Kapacita C	Hmotnost m	Tuhost pružiny k
Stav předmětu	Napětí U	Rychlost v	Prodloužení pružiny x

Př. 3: Urči maximální množství elektrostatické energie, které je možné nashromáždit v kondenzátoru s označením $2200 \mu\text{F}$, 16 V .

$$E = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 2200 \cdot 10^{-6} \cdot 16^2 \text{ J} = 0,28 \text{ J}$$

V kondenzátoru je možné nashromáždit maximálně $0,28 \text{ J}$.

Shrnutí: Energie kondenzátoru je určena podobným vzorcem jako jiné druhy energie:

$$E = \frac{1}{2} \text{ charakteristika} \cdot \text{stav}^2 = \frac{1}{2} C \cdot U^2 \quad .$$