

20) Elektromagnetické kmitání a vlnění

ZÁKLADNÍ POJMY

- Alternátor = zdroj střídavého napětí s harmonickým průběhem a nízkou frekvencí
- Elektromagnetické oscilátory = zdroje střídavých proudů jiných frekvencí
- **Elektromagnetické kmitání** = střídavé proudy a napětí vyrobené oscilátory

ELEKTROMAGNETICKÝ OSCILÁTOR

- Jeho nejjednodušší příklad: oscilační obvod (obvod LC)
- Složení: cívka, kondenzátor
- Parametry LC obvodu: indukčnost (L), kapacita (C)
- Popis dějů v obvodu:
 - 1) Kondenzátor připojíme ke zdroji stejnosměrného napětí a nabijeme ho na napětí U → **mezi deskami kondenzátoru vznikne elektrické pole (počáteční okamžik)**
 - 2) Přepínačem připojíme kondenzátor k cívce a uzavřeme LC obvod, kterým začíná procházet proud
 - 3) **Napětí** na kondenzátoru **klesá** (kondenzátor se vybíjí) a **proud** procházející obvodem **roste, energie elektrického pole se snižuje a kolem cívky se vytváří magnetické pole**
 - 4) Když je **proud** v obvodu **největší**, kondenzátor je vybit
 - 5) **Proud** v obvodu se začíná **zmenšovat**, v cívce se indukuje napětí a obvodem prochází indukovaný proud
 - 5) Kondenzátor se znovu nabije (s opačnou polaritou napětí), **energie magnetického pole cívky se přeměnila na energii elektrického pole kondenzátoru**
 - 6) Děj se opakuje (druhá polovina periody), **směry proudů a pořadí polarit napětí kondenzátoru jsou ale opačné**
 - 7) Až bude kondenzátor nabitý na stejnou polaritu jako při přepnutí přepínače, **obvod vykoná 1 kmit**
- Amplitudy napětí i proudu se s časem zmenšují (kvůli odporu R oscilačního obvodu, např. odpor vinutí cívky, Jouleovo teplo) → elektromagnetické kmitání oscilačního obvodu je **tlumené**

PERIODA KMITÁNÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO OSCILÁTORU

- Zanedbáním odporu oscilačního obvodu, je perioda jeho kmitání určena jen parametry L a C = **vlastní kmitání** elektromagnetického oscilátoru
- LC oscilátor kmitá s vlastní úhlovou frekvencí:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

- Thomsonův vztah:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

- Perioda (frekvence) nezávisí na podmínkách vzniku kmitání

NUCENÉ KMITÁNÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO OSCILÁTORU

- Vlastní kmitání elektromagnetického oscilátoru je podmíněno dodáním E v počátečním okamžiku
- Aby se kmitání udrželo je nutné ztráty E nahrazovat v průběhu celé periody → připojení oscilátoru ke zdroji harmonického napětí
- V oscilátoru vzniká **nucené kmitání** (je netlumené)
- Oscilátor kmitá s frekvencí připojeného zdroje (NE s frekvencí vlastního kmitání)
- Pokud **frekvence zdroje = frekvence vlastního kmitání** → nastane **rezonance**
- Rezonanční křivka – závislost amplitudy napětí na úhlové rychlosti
- Využití: rozhlasový přijímač
- Laděním se mění parametry obvodu (kapacita kondenzátoru) tak, aby byl v rezonanci s frekvencí, s kterou vysílá stanice
- Rezonancí se zesiluje signál

VZNIK ELEKTROMAGNETICKÉHO VLNĚNÍ

- **Elektromagnetický oscilátor je zdrojem elektromagnetického vlnění**
- U kmitání elektromagnetického oscilátoru, v něm probíhají periodické změny energie
- E se udržuje v oscilačním obvodu
- V praxi je ale nutné E z oscilátoru přenášet
- Přenos E probíhá se zpožděním
- Podle Maxwella se elektromagnetické vlnění šíří stejnou rychlostí jako světlo
- Ve vakuu je velikost rychlosti elektromagnetického vlnění: $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (lze uvažovat i pro vzduch)

ROVNICE POSTUPNÉ ELEKTROMAGNETICKÉ VLNY

- Při velké frekvenci zdroje napětí závisí na vzdálenosti od něj (jinak zanedbatelné)
- Jestliže pro okamžité napětí zdroje platí vztah $u = U_m \sin \omega t$, pak v bodě M ve vzdálenosti x od zdroje bude určité okamžité napětí později o dobu:

$$\frac{x}{c}$$

- Pro napětí mezi vodiči v bodě M tedy dostáváme:

$$u = U_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

- Za periodu T se dostane vlnění do vzdálenosti λ

$$\lambda = c \cdot t = \frac{c}{f}$$

ELEKTROMAGNETICKÁ VLNA

- Pokud není stejné napětí v celém vodiči, není zde rovnoměrně rozložen náboj vodičů → mezi vodiči vzniká elektrické pole s různou elektrickou intenzitou
- Je-li ke konci vedení **připojen rezistor** (spotřebič), kde se veškerá elektromagnetická E mění v jinou E, proud má ve vedení stejnou fázi jako napětí
 - Současně s el. polem bude **vznikat** kolem vedení **magnetické pole**
 - **Vektor magnetické indukce je kolmý na vektor elektrické intenzity**
 - Vedením dvěma vodiči vzniká časově proměnné silové pole (má elektrickou a magnetickou složku) = elektromagnetické pole
 - Elektromagnetické vlnění je postupné příčné

- Při úvaze, že se veškerá elektromagnetická E na konci vedení nepohlí (bez spotřebiče – rozpojené), na konci vedení **nastane odraz vlnění**
 - **Odražené vlnění se skládá s vlněním postupujícím**
 - Vzniká vlnění **stojaté**
 - Mezi vektory elektrické intenzity (E) a magnetické indukce (B) je fázový rozdíl $\frac{\pi}{2}$
 - Periodicky se přeměňuje E elektrického pole mezi vodiči na E pole magnetického

SPEKTRUM ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ

- **Rádiové vlny**
 - Vlny s nejdelší vlnovou délkou
 - Rádiové vysílání, letadlové radary
- **Mikrovlny**
 - Mikrovlnné trouby, vysušování vlhkých materiálů, Wi-Fi
- **Infračervené záření (IR)**
 - Je vyzařováno rozžhavenými tělesy
 - Dálkové ovladače, vyhledávání pohřešovaných osob
- **Světlo**
 - Vnímáme zrakem
- **Ultrafialové záření – (zkratka UV)**
 - Přírodní zdroj: Slunce
 - Většina je ho zadržena zemskou atmosférou
 - Způsobuje rakovinu kůže
- **Rentgenové záření (RTG)**
 - Nebezpečné
 - Značná pronikavost
 - Zemská atmosféra RTG záření z vesmíru nepropouští
- **Gama záření**
 - Zdroj: tělesa, v jejichž jádru dochází k radioaktivní přeměně
 - Velká pronikavost
 - Ozařování některých nádorů
 - Přichází z vesmíru

ELEKTROMAGNETICKÝ DIPÓL

- Anténa
- anténa vysílače – vyzařuje do okolního prostoru energii v podobě elektromagnetického vlnění
- anténa přijímače – má opačnou funkci: zachytí část elektromagnetického vlnění a vznikne v ní nucené elektromagnetické kmitání

μ_r A ZMĚNA PROSTŘEDÍ

- Při změně prostředí μ_r řešíme jen u feromagnetických látek