

Elektromagnetické kmitání a vlnění

Ing. Stanislav Jakoubek

Přehled studijních materiálů

Název DUMu

Oscilační obvod

Elektromagnetický dipól a jeho pole

Elektromagnetické vlnění

Sdělovací soustava

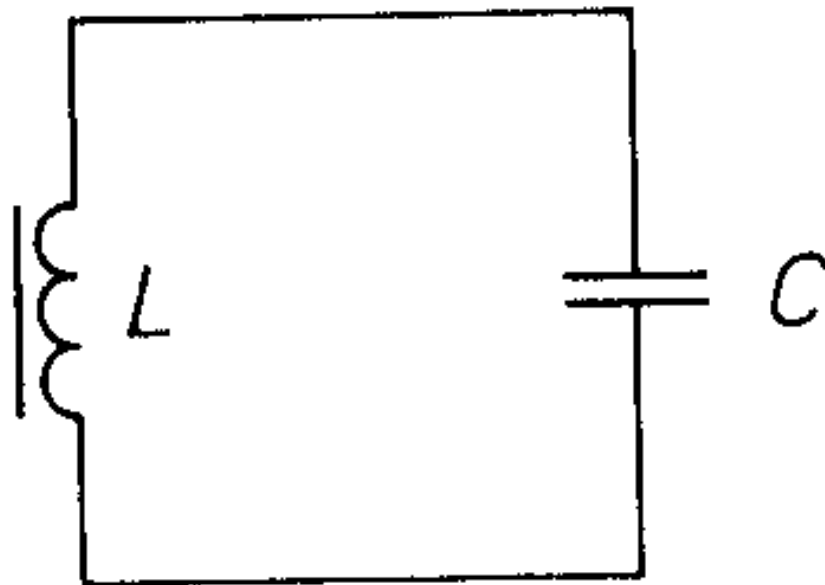
Oscilační obvod

Ing. Stanislav Jakoubek

Připomenutí

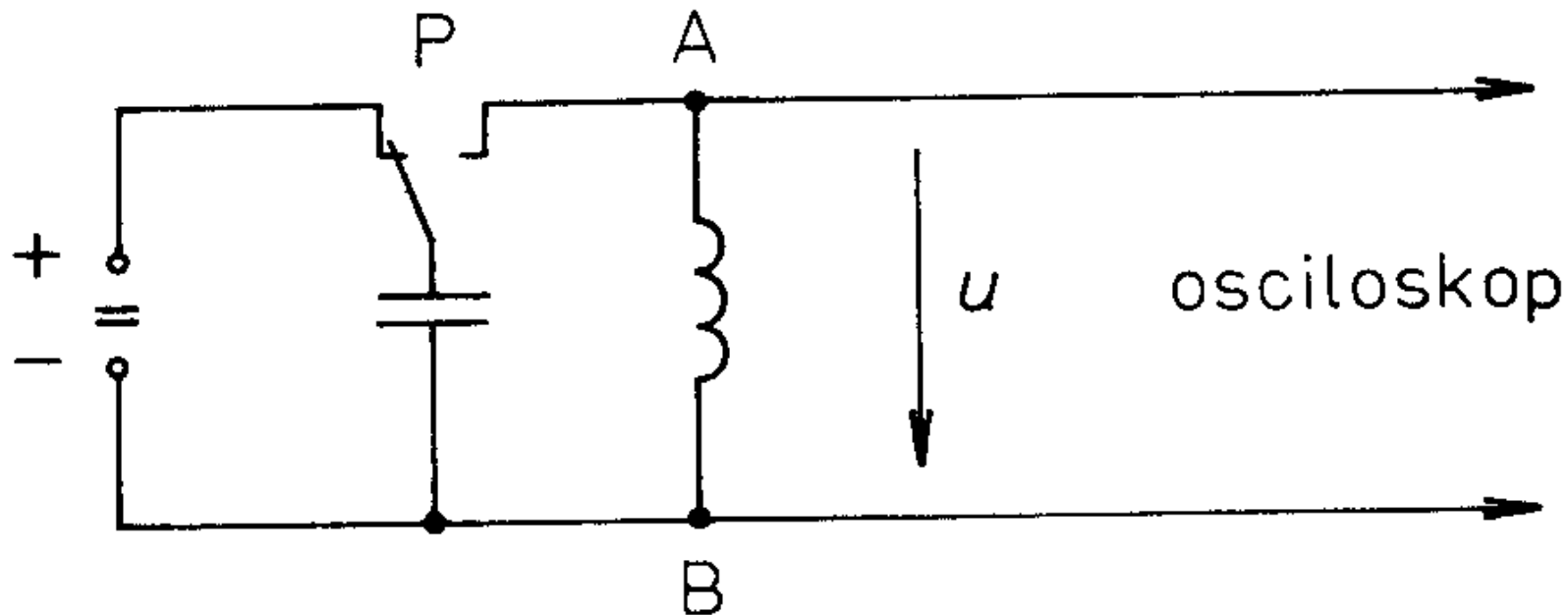
- ▶ Z druhého ročníku známe mechanické kmitání a vlnění
- ▶ Jeho zdrojem je mechanický oscilátor (například kyvadlo, těleso na pružině, ...)
- ▶ Elektromagnetické vlnění – jeho zdrojem rovněž musí být nějaký elektromagnetický oscilátor

Oscilační obvod (LC obvod)



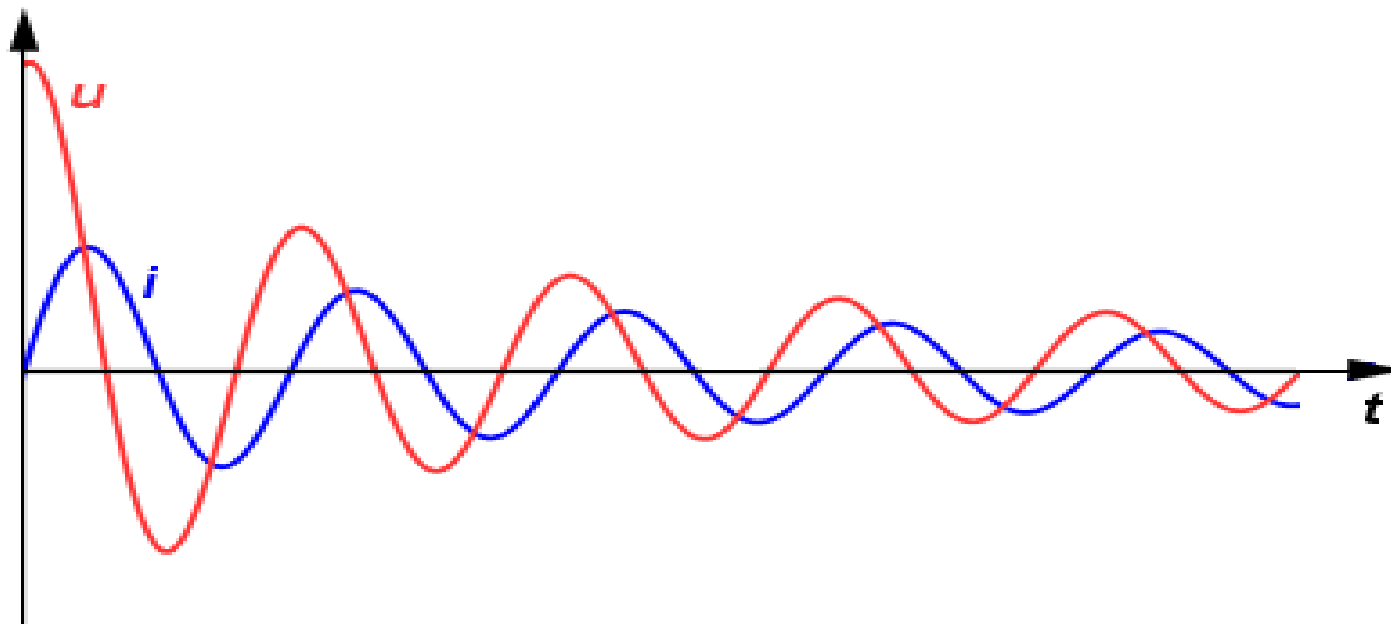
Je tvořen cívkou o indukčnosti L a kondenzátorem o kapacitě C . Pokud by měl kondenzátor měnitelnou kapacitu, je obvod laditelný.

Schéma pro sledování vlastností LC obvodu



Pomocí přepínače P spojíme kondenzátor se zdrojem napětí a tím ho nabijeme. Poté ho spojíme s cívkou a sledujeme průběh napětí a proudu (mezi body A,B).

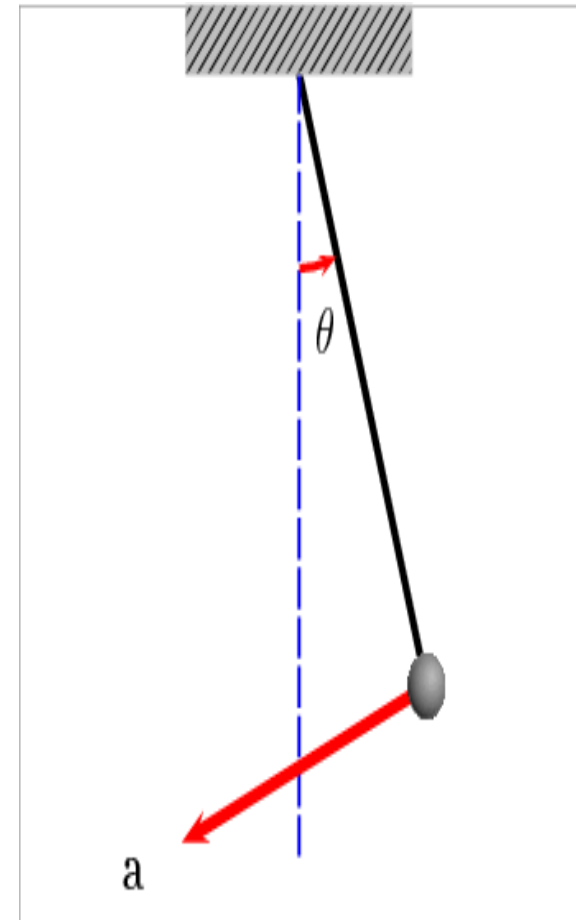
Pozorovaný průběh napětí a proudu



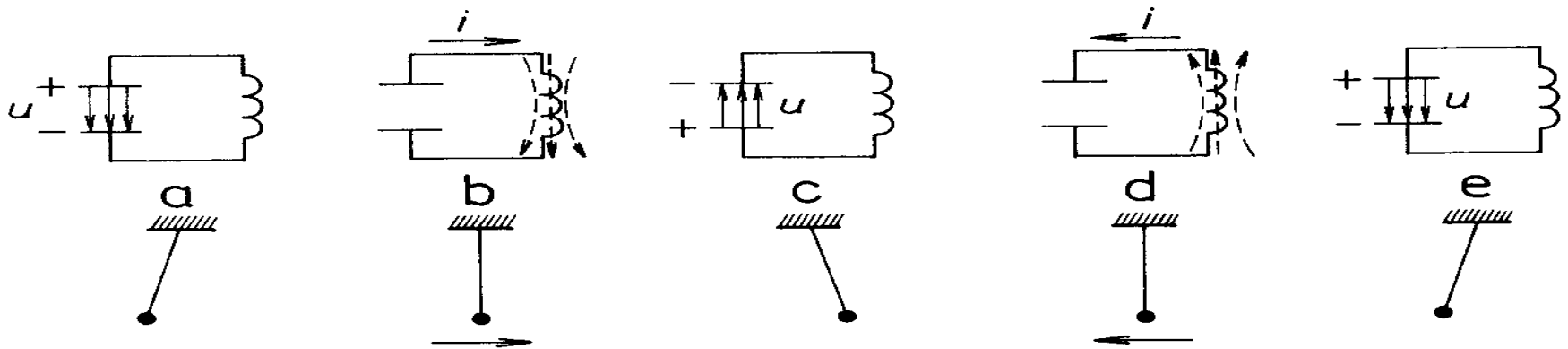
Vznikají elektrické kmity. Kmitání je vždy tlumené (je dáno zejména odporem kmitavého obvodu a odpor nelze zcela odstranit).

Analogie s mechanickým oscilátorem

- ▶ Kyvadlo
- ▶ V nejvyšší poloze má největší potenciální energii (vychýlení odpovídá nabití kondenzátoru)
- ▶ Potenciální energie se mění na kinetickou (největší je v rovnovážné poloze) a ta zpětně na potenciální
- ▶ Děj se opakuje
- ▶ Postupně se díky tření a dalším vlivům mění energie na jiné formy (tepelná, ...), až se nakonec kyvadlo zastaví



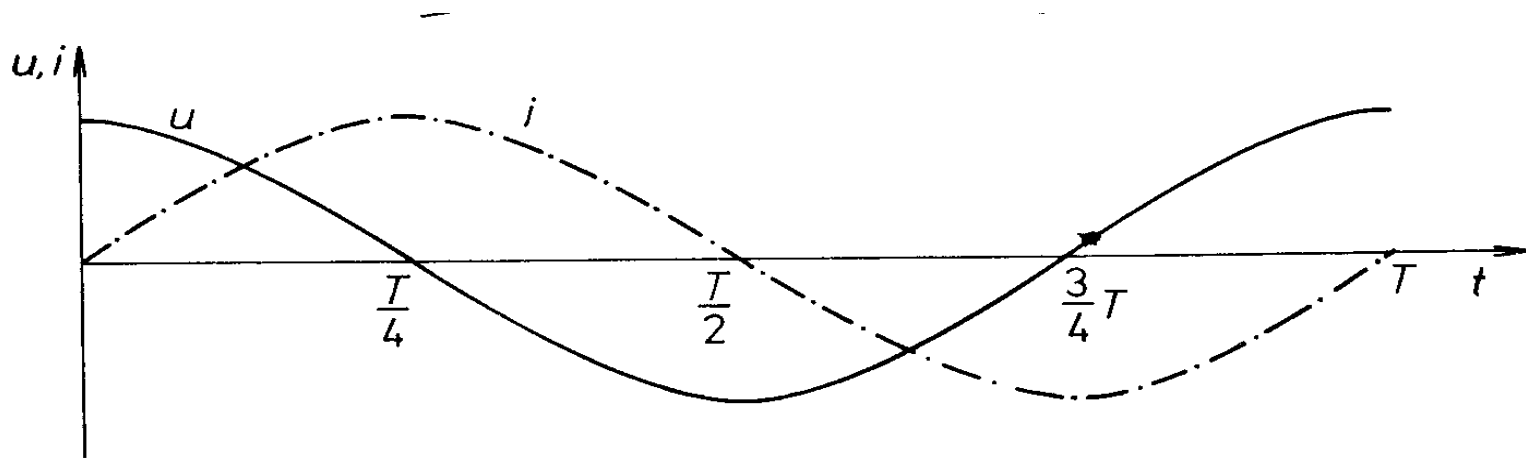
Vysvětlení funkce LC obvodu



- a) Nabití kondenzátoru – mezi deskami je el. pole a má elektrickou energii
- b) Kondenzátor se vybíjí; díky průchodu proudu se kolem cívky tvoří mag. pole. Elektrická energie se mění na energii magnetického pole.
- c) Díky indukčnosti se proud zpožďuje za napětím a dosahuje největší hodnoty v okamžiku, kdy je U na kondenzátoru nulové. Pak se proud začíná zmenšovat (tedy měnit) a na cívce se indukuje napětí opačné polarity, než na počátku děje. Kondenzátor se opět nabije. Energie mg. pole se opět mění na elektrickou energii.
- d) e) Ve druhé polovině děj probíhá znovu, avšak opačným směrem

Poznámka

- ▶ Při zanedbatelném tlumení je kmitání harmonické (grafem je tedy sinusovka)
- ▶ Napětí dosahuje největší hodnoty, když je proud nulový (a naopak)
- ▶ Fázový rozdíl mezi napětím a proudem je $\pi/2$



Perioda a frekvence kmitání LC obvodu

- ▶ Jedná se fakticky o RLC obvod, jehož frekvence kmitání (také *vlastní frekvence kmitání*) je dána jeho rezonanční frekvencí, kterou už známe

$$T = 2\pi\sqrt{LC}; f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Poznámka: Thomsonův vztah

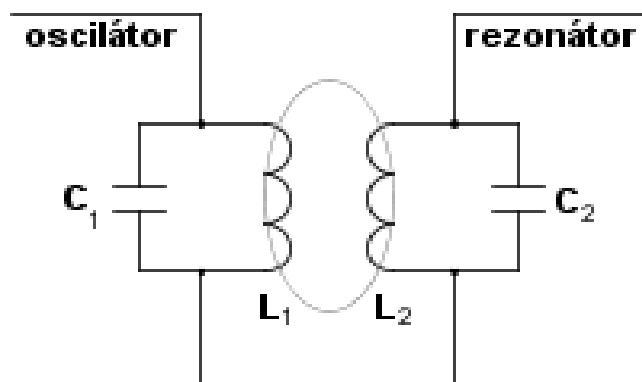
Generátor netlumeného kmitání

- ▶ LC obvod ztrácí svoji energii; kmitání je tlumené
- ▶ Chceme-li, aby kmitání bylo netlumené, musíme pomocí elektroniky nahrazovat „ztracenou“ energii

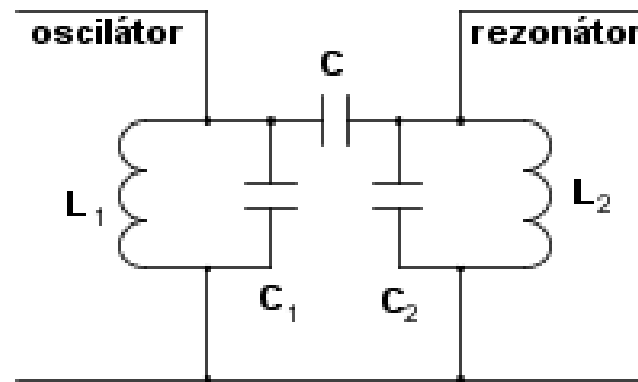
Vázané oscilační obvody

- ▶ Když potřebujeme přenést oscilace z jednoho LC obvodu na druhý LC obvod
- ▶ Lze provést pomocí **elektromagnetické vazby**
- ▶ Tři typy vazeb: indukční, kapacitní, galvanická
- ▶ Obvod, ve kterém jsou udržovány netlumené oscilace: **oscilátor**
- ▶ Obvod, v němž jsou oscilace vynuceny pomocí vazby: **rezonátor**

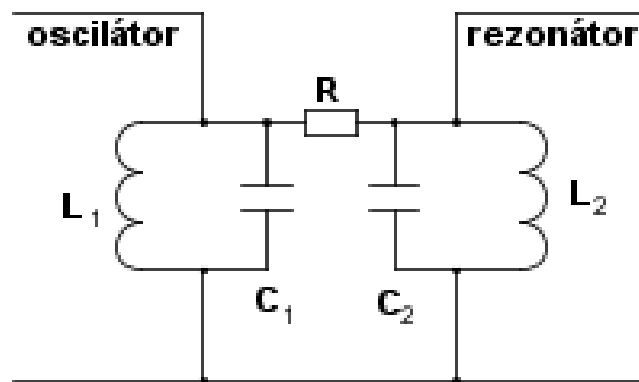
Vazby mezi oscilátory



Indukční



Kapacitní



Galvanická

Přenos energie mezi oscilátorem a rezonátorem

- ▶ Přenos energie z oscilátoru do rezonátoru je největší, když se rovnají jejich vlastní frekvence

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{L_o C_o}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \Rightarrow \boxed{L_o C_o = L_r C_r}$$

Příklad

- ▶ Oscilační obvod je tvořen kondenzátorem o kapacitě 800 pF a cívkou o indukčnosti 2 μH . Určete vlastní frekvenci a periodu obvodu.

$$C = 800 \text{ pF} = 800 \cdot 10^{-12} \text{ F}, L = 2 \mu\text{H} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ H}; f = ?, T = ?$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{800 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} \text{ s} \doteq 2,513 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,513 \cdot 10^{-7}} \text{ Hz} \doteq 3978874 \text{ Hz} \doteq 4 \text{ MHz}$$

Příklad

- ▶ Oscilační obvod, jehož cívka má indukčnost 0,5mH, kmitá s frekvencí vlastního kmitání 1MHz. Určete kapacitu kondenzátoru.

$$L = 0,5mH = 0,5 \cdot 10^{-3} H, f = 1MHz = 1 \cdot 10^6 Hz; C = ?$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow 2\pi f \sqrt{LC} = 1 \Rightarrow C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 (1 \cdot 10^6)^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} F \doteq 5 \cdot 10^{-11} F = 50 pF$$

Příklad

- ▶ Jakou indukčnost musí mít cívka, která tvoří oscilační obvod s kondenzátorem o kapacitě 50 pF, aby frekvence vlastního kmitání obvodu byla 10 MHz?

$$C = 50 \text{ pF} = 50 \cdot 10^{-12} \text{ F}, f = 10 \text{ MHz} = 10 \cdot 10^6 \text{ Hz}; L = ?$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow 2\pi f \sqrt{LC} = 1 \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \cdot (10 \cdot 10^6)^2 \cdot 50 \cdot 10^{-12}} \text{ H} \doteq 5 \cdot 10^{-6} \text{ H} = 5 \mu\text{H}$$

Literatura

- ▶ [1] BEDNAŘÍK, Milan et al. *Fyzika IV pro studijní obory středních odborných učilišť*. 2. vyd. Praha: SPN, 1989. 212 s. Učebnice pro střední školy.
- ▶ [2] AUTOR NEUVEDEN. *Oscilační obvod* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW:
http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456c656b74726f6d61676e657469636be920766c6e79h&key=527
- ▶ [3] BARTÁK, František a kol. *Sbírka úloh z fyziky pro studijní obory SOU a SOŠ*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, n.p., 1988, ISBN 14-423-88.
- ▶ [4] RURYK. *wikipedia.cz* [online]. [cit. 8.4.2013]. Dostupný na WWW:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Oscillating_pendulum.gif
- ▶ [5] TECHMANIA. *Vázané oscilační obvody* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW:
http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456c656b74726f6d61676e657469636be920766c6e79h&key=519

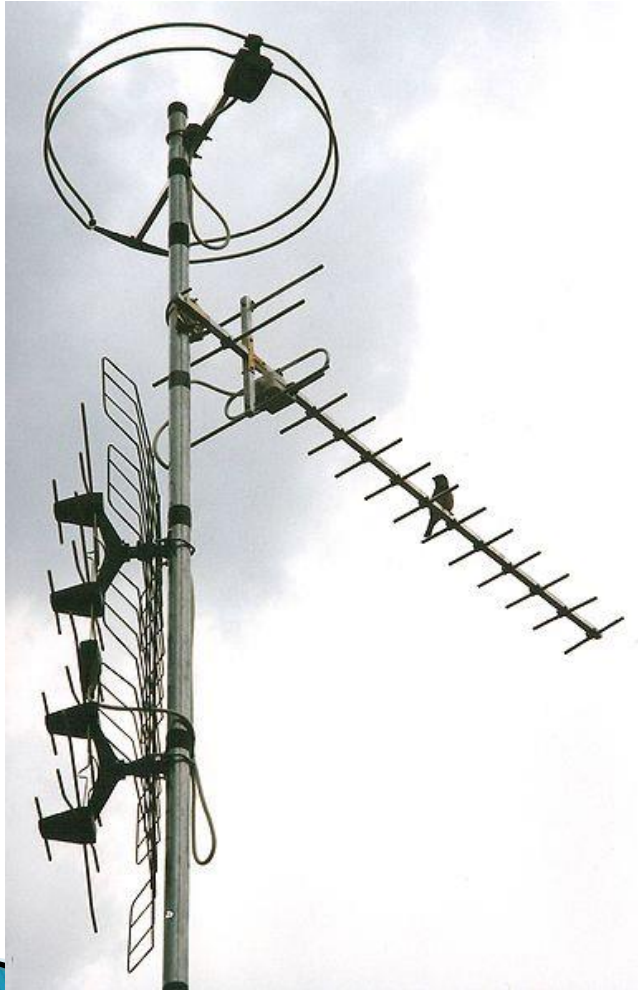
Elektromagnetický dipól a jeho pole

Ing. Stanislav Jakoubek

Anténa

- ▶ Je základem sdělovací techniky
- ▶ Slouží k přenosu energie elektromagnetického kmitání na velkou vzdálenost
- ▶ Je součástí vysílače (energie je vysílána do prostoru)
- ▶ Je součástí přijímače (elektrické náboje v anténě se rozkmitají)

Anténní stožár s trojicí antén



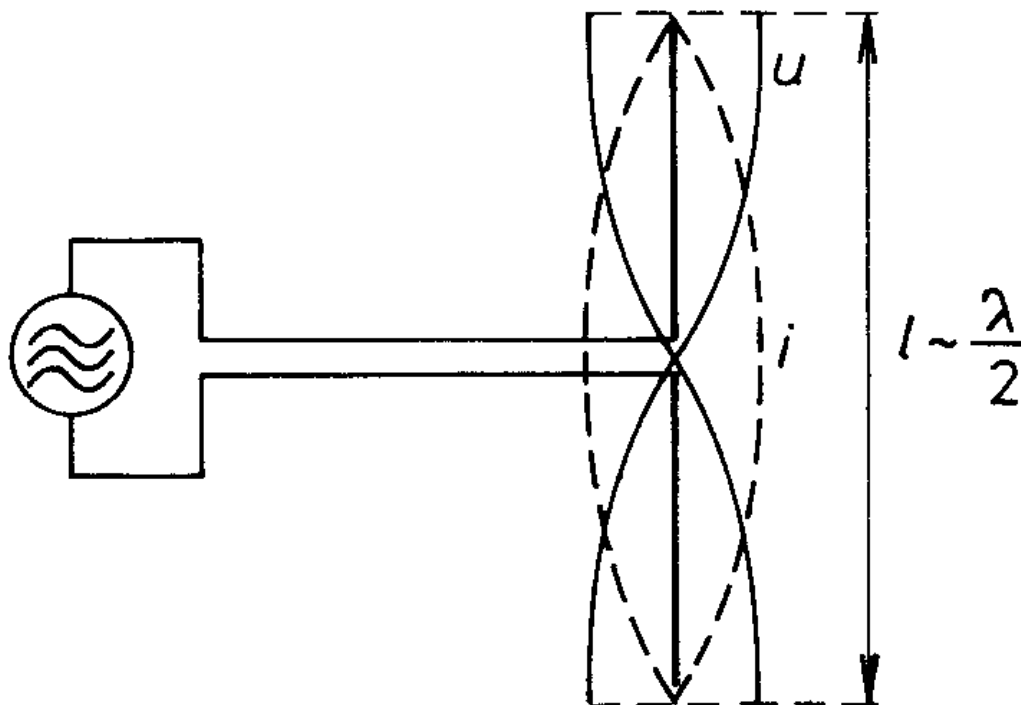
- Skládaný dipól pro příjem rozhlasu v pásmu VKV
- Směrová anténa typu Yagi
- Širokopásmová příčná anténní soustava tvořená čtveřicí dipólů

Princip antény

- ▶ Anténa je vodič určité délky, ve kterém kmitá elektrický proud s vysokou frekvencí
- ▶ Vodič se rozdělí na dvě stejné části a pomocí napájecího vedení se připojí ke zdroji vysokofrekvenčního napětí
- ▶ Napětí na koncích vodiče periodicky dosahuje maximální hodnoty
- ▶ Napětí mezi konci vodiče má opačnou polaritu

Elektromagnetický dipól

- ▶ Kmitající vodič tvoří elektromagnetický oscilátor
- ▶ Nazývá se: elektromagnetický dipól



Kmitání v dipólu

- ▶ Průběh napětí a proudu v dipólu lze přirovnat k půlvlně stojatého vlnění (viz. 2.ročník)
- ▶ Napětí: na koncích dipólu má kmitny, uprostřed má uzel
- ▶ Proud: na koncích dipólu má uzly, uprostřed má kmitnu

Elektromagnetické vlnění dipólu

- ▶ Dipól je zdrojem vlnění $\Rightarrow$ vlnění má vlnovou délku
- ▶ Vlnová délka λ souvisí s délkou dipólu /

$$l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2l$$

Poznámka: proto se elektromagnetický dipól někdy nazývá **půlvlnný dipól**.

Poznámka

- ▶ Elektromagnetické dipóly antén často tvoří složité systémy a jsou doplňovány dalšími prvky, které ovlivňují směr a intenzitu vysílaného či přijímaného signálu

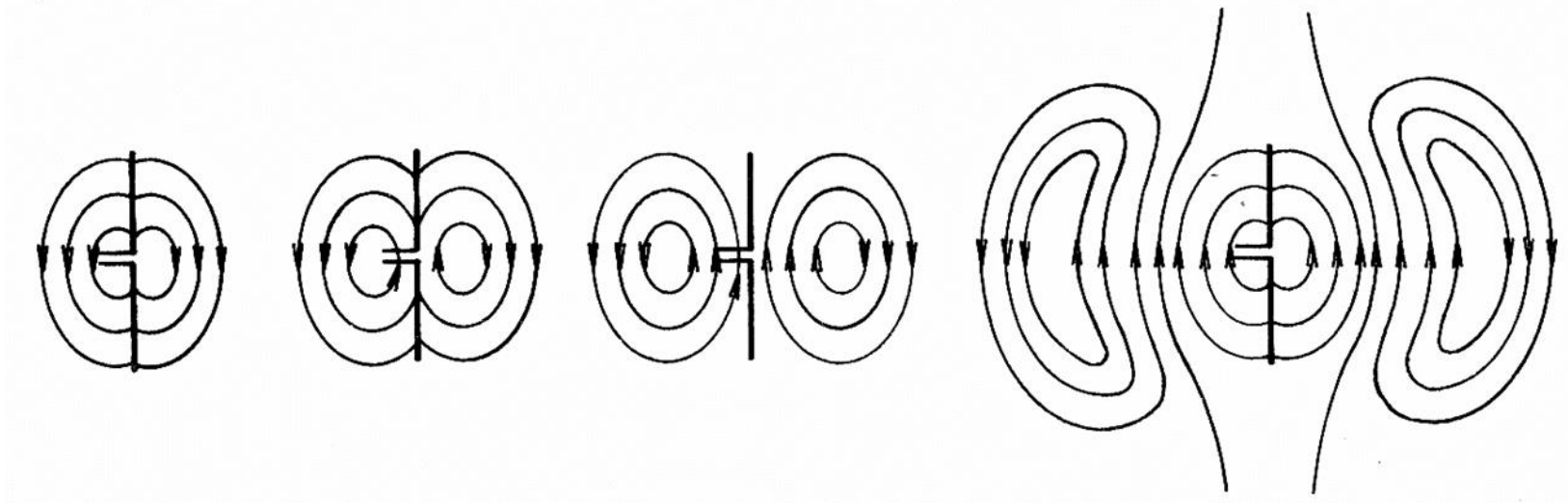


1. Zářič tvořený skládaným dipólem
2. Reflektory
3. Direktory
4. Napájecí kabel

Elektromagnetické pole dipólu

- ▶ Kmitající dipól vytváří v proměnné elektrické a magnetické pole, která se šíří prostorem
- ▶ Mají příčinu v kmitání elektrického náboje v dipólu
- ▶ Jsou neoddělitelně spjata $\Rightarrow$ **elektromagnetické pole**
- ▶ Složky popisujeme vektorem intenzity elektrického pole $\mathbf{E}$ a vektorem magnetické indukce $\mathbf{B}$ (na sebe kolmé)
- ▶ V rovině dipólu leží vektor $\mathbf{E}$, kolmo k dipólu $\mathbf{B}$
- ▶ Energie elmg. pole se šíří prostorem ve formě postupného elmg. vlnění

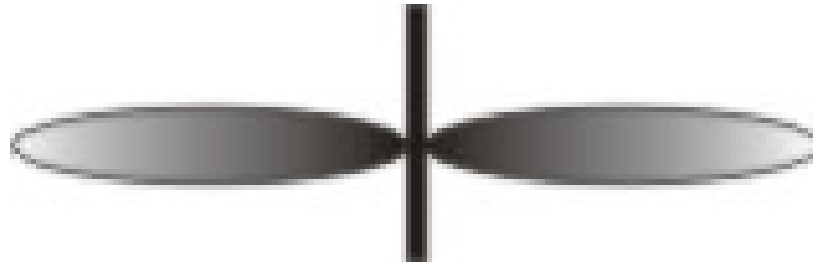
Elektromagnetické pole kolem dipólu



Antény pro Wi-Fi

- ▶ **Všesměrové antény** – vyzařovací diagram mají 360° , hodí se tedy tam, kde jsou klienti ze všech stran
- ▶ **Sektorové antény** – vyzařovací diagram od 30° do 180° – použití tam, když je potřeba vyzařovat jen do určité oblasti (sektoru)
- ▶ **Směrové antény** – vyzařovací diagram od 7° do 50° ; pro clientské přijímače nebo pátevní spoje sítě na větší vzdálenosti (1 – 3 km)

Všesměrová anténa a vyzařovací diagram



Z
boku

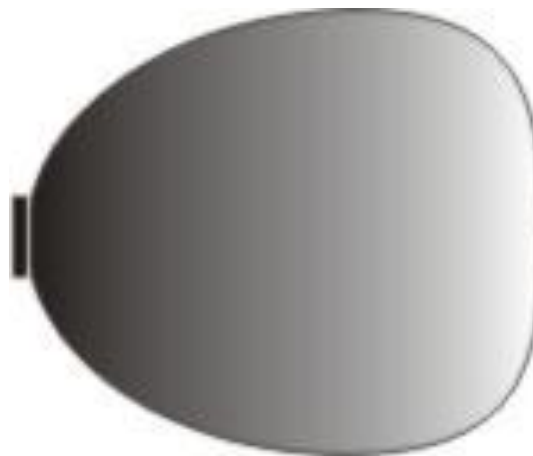


Ze shora

Sektorová anténa a vyzařovací diagram

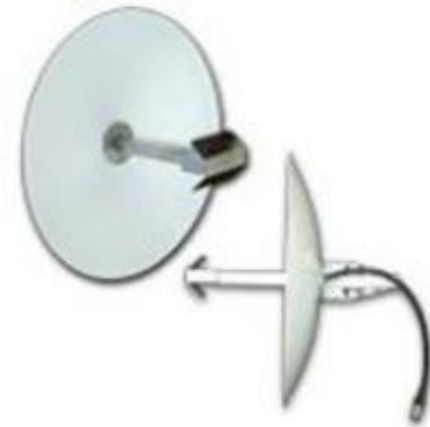
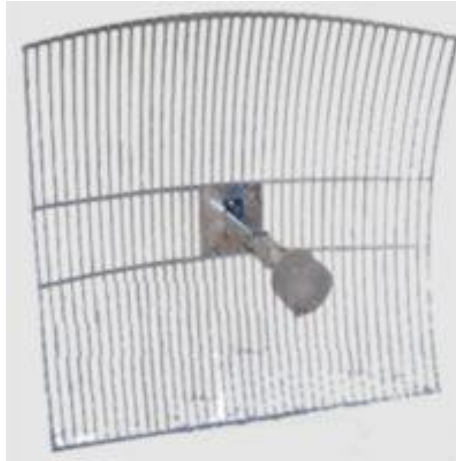


Z boku



Ze shora

Směrová anténa a vyzařovací diagram

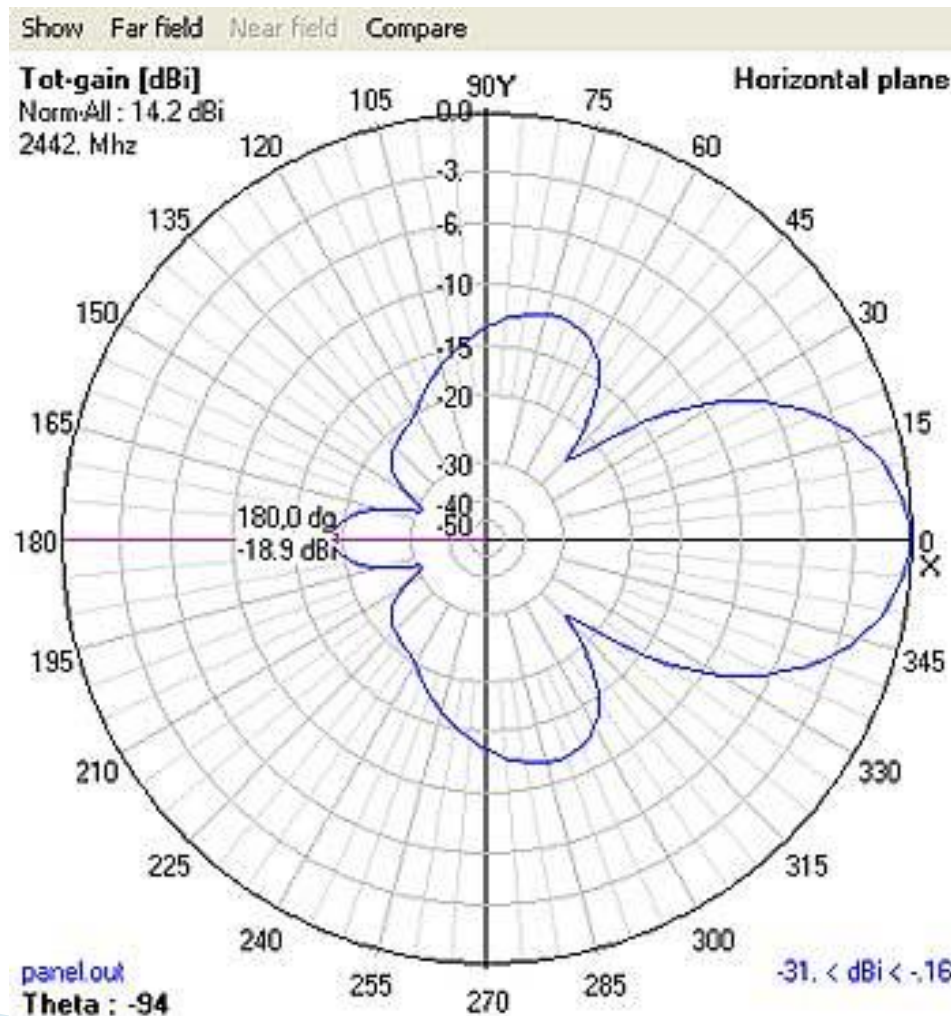


Z boku

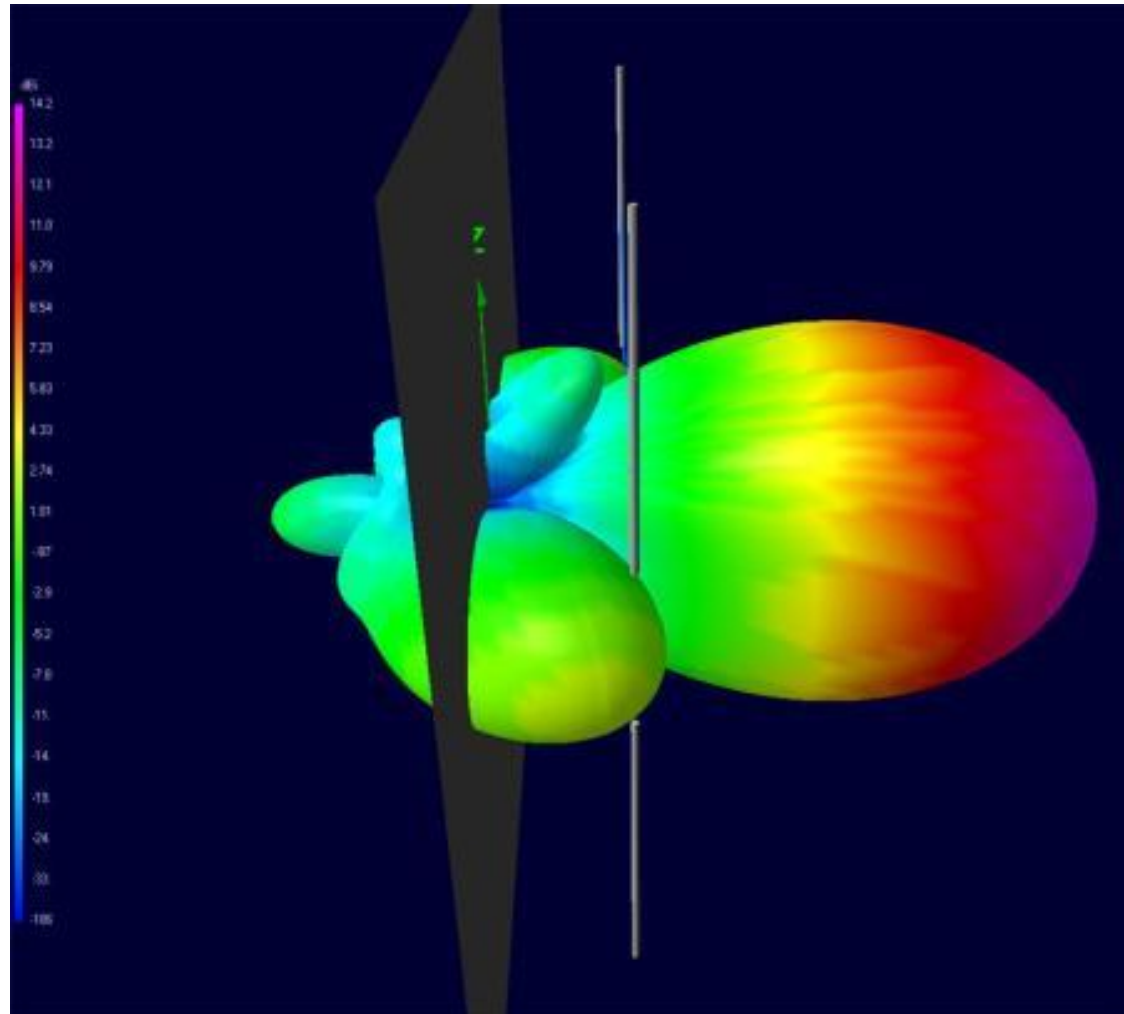


Ze shora

Vyzařovací diagram – 2D



Vyzařovací diagram – 3D



Literatura

- ▶ [1] BEDNAŘÍK, Milan et al. *Fyzika IV pro studijní obory středních odborných učilišť*. 2. vyd. Praha: SPN, 1989. 212 s. Učebnice pro střední školy.
- ▶ [2] ABX. *wikipedia.cz* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Antena_RTV.jpg
- ▶ [3] DANTOR. *wikipedia.cz* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Yagifaltdipolp.jpg>
- ▶ [4] REICHL, Jaroslav. *Elektromagnetický dipól* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/359-elektromagneticky-dipol>
- ▶ [5] HOMEWIFI. *Směrové antény* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: http://www.homewifi.wz.cz/smerove_anteny.php
- ▶ [6] HOMEWIFI. *Sektorové antény* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: http://www.homewifi.wz.cz/sektorove_anteny.php
- ▶ [7] HOMEWIFI. *Všesměrové antény* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: http://www.homewifi.wz.cz/vsesmerove_anteny.php
- ▶ [8] KUCHAR, Martin. *Jak zapojíme síť: Wi-Fi bez tajemství* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://www.svethardware.cz/jak-zapojime-sit-wifi-bez-tajemstvi/12953-3>

Elektromagnetické vlnění

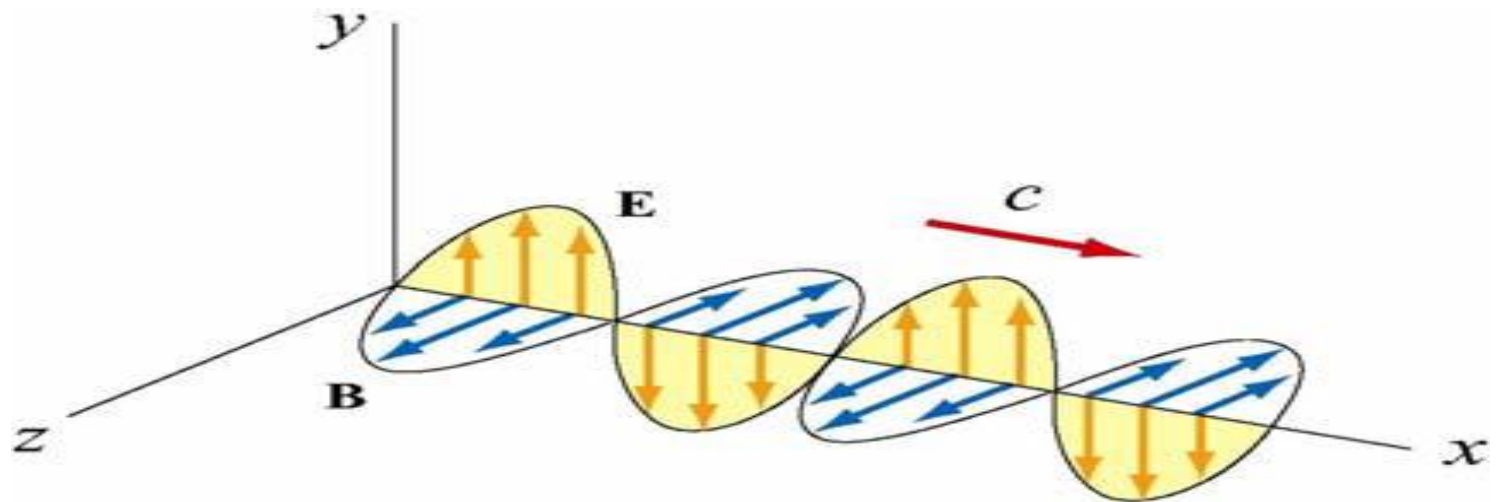
Ing. Stanislav Jakoubek

Rychlost šíření elektromagnetického pole

- ▶ Elektromagnetické pole se šíří prostorem
- ▶ Jeho rychlost je velká, ale konečná
- ▶ Ve vakuu: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- ▶ Ve vzduchu: přibližně také tak
- ▶ Jde o tzv. rychlost světla
- ▶ Podrobnosti zmíníme v kapitolách z optiky

Postupná elektromagnetická vlna

- ▶ Když dipól kmitá harmonicky, změny elmag. pole jsou také harmonické
- ▶ Oba vektory kmitají kolmo (napříč) ke směru šíření, jde o *příčné vlnění*



Vlnová délka

$$\lambda = cT \Rightarrow T = \frac{\lambda}{c}$$

$$\left(f = \frac{1}{T} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$$

- Vlnová délka λ
- Perioda T
- Frekvence f
- Rychlost šíření vlnění c

Rychlost šíření vlnění

- ▶ Závisí na frekvenci a na prostředí, ve kterém se šíří
- ▶ Pro vakuum je to rychlost c a je stejná pro všechny frekvence
- ▶ V látkovém prostředí závisí na permitivitě a permeabilitě

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\epsilon_r\mu_0\mu_r}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r\mu_r}} = c \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r\mu_r}}$$

Příklad

- Vypočtete rychlost šíření elektromagnetického vlnění ve vakuu.

$$\varepsilon_0 \doteq 8,854.10^{-12} F.m^{-1}, \mu_0 = 4\pi.10^{-7} H.m^{-1}; c = ?$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{8,854.10^{-12} . 4\pi.10^{-7}}} m.s^{-1} \doteq 299795638 m.s^{-1} \doteq 3.10^8 m.s^{-1}$$

Příklad

- Vypočtete rychlost šíření elektromagnetických vln ve vodě.

$$\varepsilon_r \doteq 81, \mu_r \doteq 1; v = ?$$

$$v = c \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{1}{\sqrt{81 \cdot 1}} \text{ m.s}^{-1} = \frac{3 \cdot 10^8}{9} \text{ m.s}^{-1} \doteq 3,33 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$$

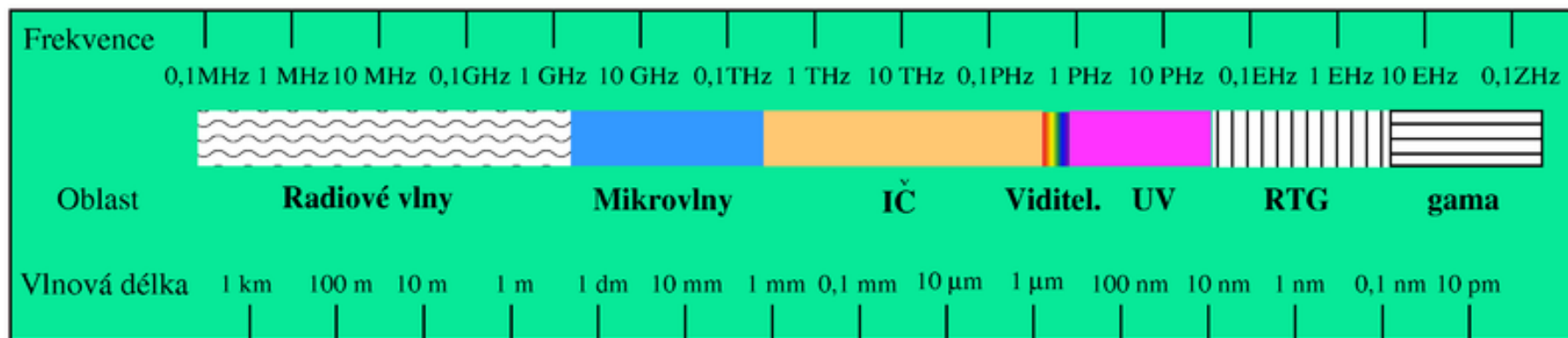
Poznámka (důležitá): v tomto poměru se zkracuje i vlnová délka vlny dané frekvence.

Základní přehled elektromagnetického vlnění

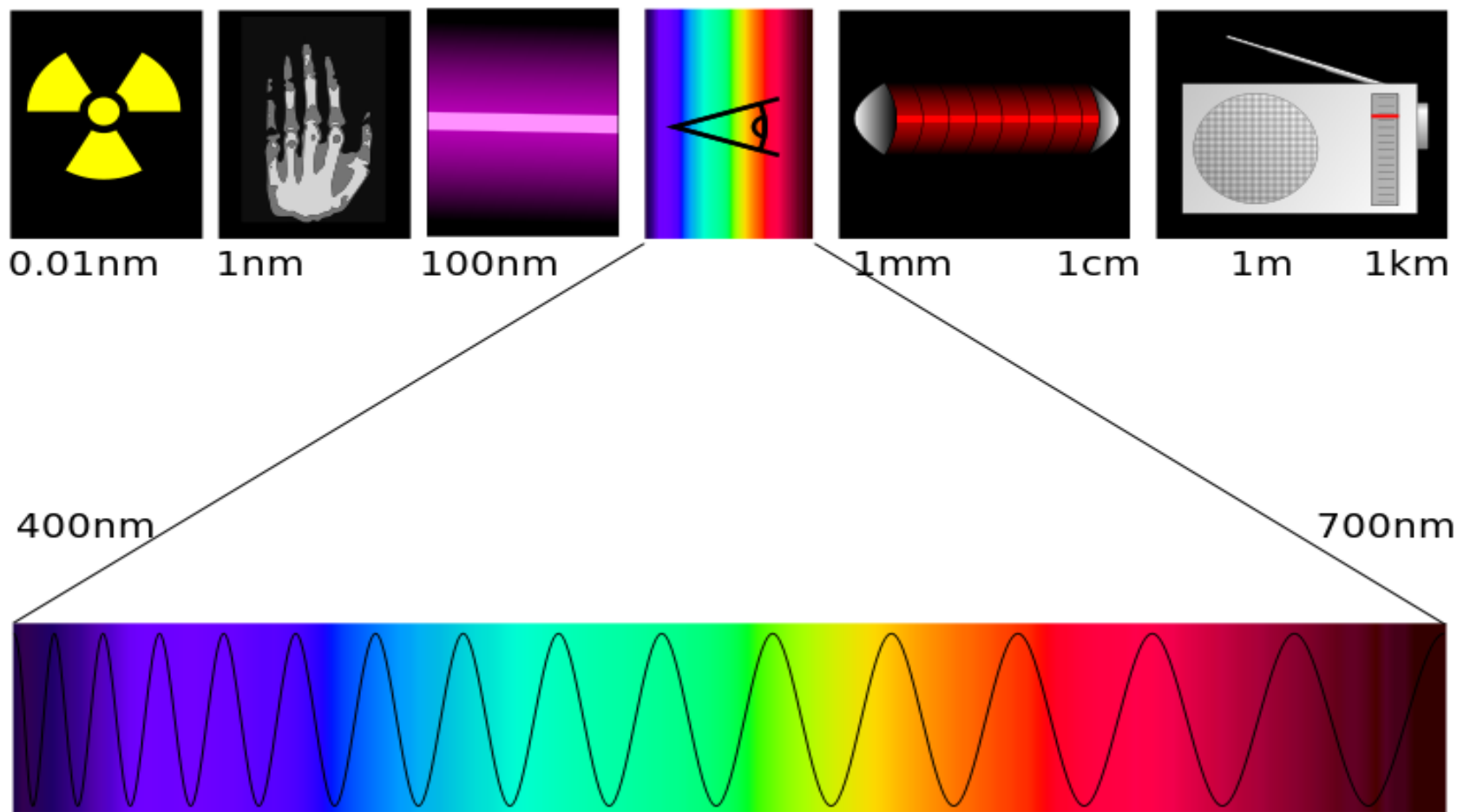
Elektromagnetické záření	Vlnová délka (ve vakuu, ve vzduchu)	Frekvence [Hz]
Rádiové záření	30 km – 1 m	$10^4 - 3 \cdot 10^8$
Mikrovlny	1 m – 0,03 mm	$3 \cdot 10^8 - 10^{13}$
Infračervené záření	0,3 mm – 790 nm	$10^{12} - 3,8 \cdot 10^{14}$
Viditelné světlo	790 nm – 390 nm	$3,8 \cdot 10^{14} - 7,7 \cdot 10^{14}$
Ultrafialové záření	400 nm – 10 nm	$7,7 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16}$
Rentgenové záření	10 nm – 1 pm	$3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{20}$
Záření gama	< 300 pm	$\triangleright 10^{18}$

Poznámka: hranice mezi nimi nejsou ostré a někde se překrývají.

Grafický přehled elmag. záření



Schématický přehled elmg. záření



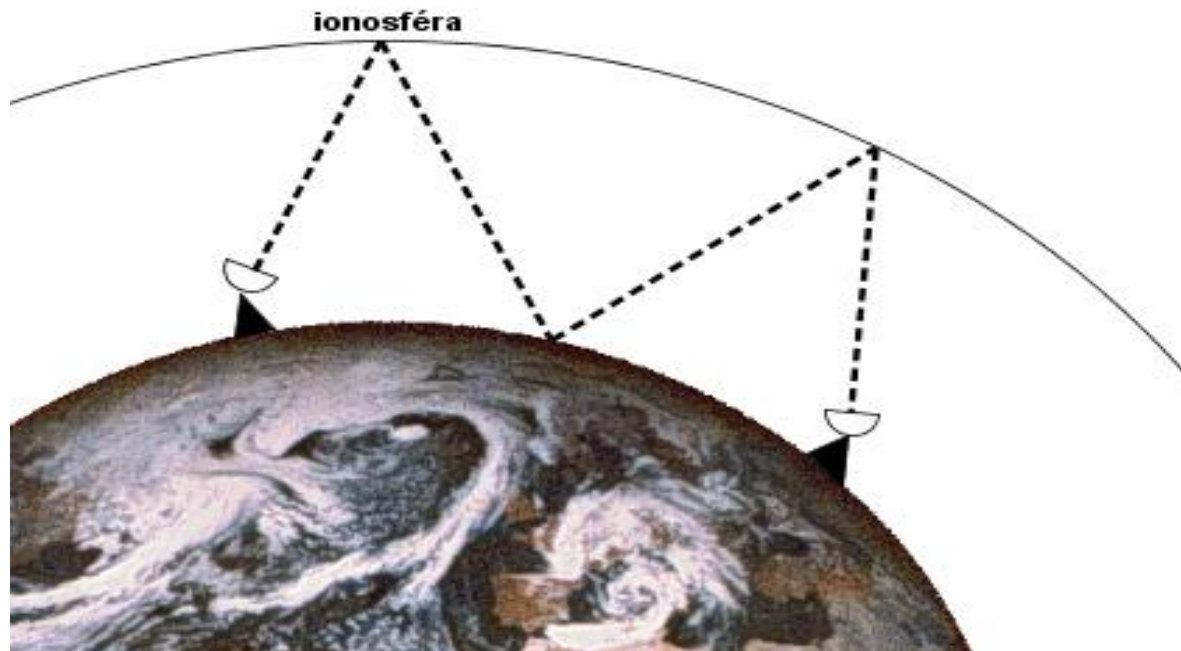
Rádiové vlny – přehled

Vlny	Dlouhé	Střední	Krátké	Velmi krátké
Zkratky	DV,LW	SM,MW	KV,SW,KW	VKV,FM
Vlnová délka	2000 – 1050 m	572 – 187 m	49 – 11 m	4,55 – 4,11 m
Frekvence	150 – 285 kHz	525 – 1605 kHz	6 – 26 MHz	66 – 73 MHz

Poznámka: mezery jsou určeny pro leteckou a námořní komunikaci, pro bezpečnostní a zdravotnickou komunikaci, pro radioamatéry, ...

Rádiové vlny – šíření prostorovou vlnou

- ▶ Vlna se odráží od ionosféry k Zemi, od ní do ionosféry a tak dokola; možno šíření na velké vzdálenosti



Rádiové vlny – šíření povrchovou vlnou

- ▶ Šíří se podél povrchu Země
- ▶ Nemá takový dosah

Šíření typů rádiových vln

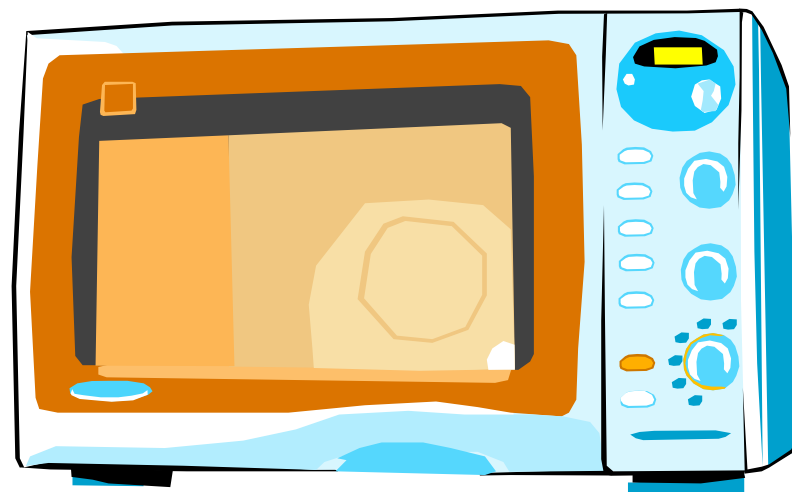
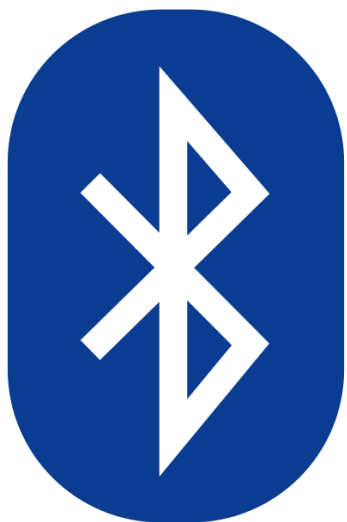
- ▶ Dlouhé vlny – povrchovými vlnami několik set kilometrů; prostorovými ještě dále; jsou ale rušeny atmosférickými výboji
- ▶ Střední vlny – povrchovými vlnami na kratší vzdálenosti; prostorovými vlnami hlavně v noci
- ▶ Krátké vlny – povrchově jen na krátkou vzdálenost, prostorovou vlnou libovolně
- ▶ Velmi krátké vlny – jako prostorové vlny pronikají ionosférou ($\Rightarrow$ komunikace s družicemi); povrchovými vlnami jen na dohled

Poznámky k šíření rádiových vln

- ▶ Radioamatéři mohou v noci a za ideálních podmínek chytat vysílání někoho na jiném konci Zeměkoule
- ▶ Zkuste projet na rádiu například střední vlny ve dne a v noci a porovnejte, kolik stanic se vám podaří naladit; v noci daleko víc
- ▶ Při poslechu rádia v autě se snadno ztrácí signál (FM stanice)

Mikrovlny

- ▶ Využití v radarech
- ▶ Využití v mikrovlnných troubách
- ▶ Využití v komunikační technice (Wi-Fi, Bluetooth)



Šíření Wi-Fi

- ▶ Zařízení Wi-Fi šíří svůj signál v pásmu 2,4 GHz
- ▶ To jsou opravdu velmi krátké vlnové délky $\Rightarrow$ nutnost „přímé“ viditelnosti

Na střechách
vysokých
budov



Příklad

- Určete vlnovou délku elektromagnetického záření z mikrovlnné trouby. Jeho frekvence je 2,45 GHz.

$$f = 2,45\text{GHz} = 2,45 \cdot 10^9 \text{ Hz}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}; \lambda = ?$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,45 \cdot 10^9} \text{ m} \doteq 0,1224 \text{ m} = 12,24 \text{ cm}$$

Poznámka: proto se mikrovlnám někdy říká *centimetrové vlny*.

Mikrovlnka – otázka 1

- ▶ Proč mikrovlnka ohřívá potraviny?
- ▶ Protože obsahují molekuly vody, jejichž vlastní rezonanční frekvence odpovídá frekvenci použitých mikrovln $\Rightarrow$ přijímají energii (rozkmitají se)
- ▶ Protože mikrovlny procházejí potravinami, energii přijímají molekuly vody i uvnitř $\Rightarrow$ ohřev je rychlý

Mikrovlnka – otázka 2

- ▶ Proč bychom do mikrovlnky neměli dávat nádoby zdobené kovem a kovy obecně?
- ▶ Protože některé kovy mají vlastní rezonanční frekvenci molekul stejnou, jako je frekvence použitého vlnění
- ▶ Mikrovlnku tak nezničíte, jak se s oblibou vykládá, ale jiskřičky z talíře lítají 😊
- ▶ Pozor: pokud má kov hrany, problém může nastat; natrhaná hliníková fólie v mikrovlnce vede na smetiště, takže to nezkoušejte
- ▶ <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10121359557-port/149-proc-jiskri-mikrovlnka/video/>

Mikrovlnka – otázka 3

- ▶ Jaké jsou vnitřní rozměry mikrovlnné trouby
- ▶ Ideální je, aby byly vnitřní rozměry celé násobky půlvln použitého vlnění. Může tak vzniknout stojaté vlnění a přenos energie je optimální (v kmitnách vzniklého stojatého vlnění)

Mikrovlnka – otázka 4

- ▶ Proč se uvnitř mikrovlnky potravina při ohřevu otáčí?
- ▶ To souvisí s předchozí otázkou. Při vzniku stojatého vlnění je rozložení kmiten a uzlů stálé. Kdyby se talíř neotáčel, ohřívala by se stále stejná místa a jiná ne. Rotace zaručí, že kmitny se vystřídají na celé potravině.

Mikrovlnka – otázka 5

- ▶ Hrozí únik mikrovln přes průhledná dvířka?
- ▶ Ne. Uvnitř dvířek je kovová mřížka, ve které jsou otvory daleko menší, než je vlnová délka vlnění. Proto je to stejné, jako kdyby tam byla plná plechová deska. Ale to bychom nic neviděli 😊.

Mikrovlnka – otázka 6

- ▶ Je pravda, že má mikrovlnné záření negativní vliv na potraviny, a že tedy jídla z mikrovlnky nejsou úplně zdravá?
- ▶ Ne. Jediným opravdu prokázaným účinkem na potraviny je tepelný účinek 😊.

Příklad

- Určete délku půlvlnného dipólu, jehož základní frekvence odpovídá frekvenci oscilačního obvodu s kondenzátorem o kapacitě 10 pF a cívkou s indukčností 0,9 μH.

$$C = 10 \text{ pF} = 10 \cdot 10^{-12} \text{ F}, L = 0,9 \mu\text{H} = 0,9 \cdot 10^{-6} \text{ H}; l = ?$$

$$l = \frac{\lambda}{2}; \lambda = cT; T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow l = \frac{c \cdot 2\pi\sqrt{LC}}{2}$$

$$l = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2\pi \cdot \sqrt{0,9 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-12}}}{2} \text{ m} \doteq 2,83 \text{ m}$$

Příklad

- ▶ Anténní dipól pro příjem televizního vysílání má délku 0,75 m. Určete frekvenci vysílače.

$$l = 0,75\text{m}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}; f = ?$$

$$f = \frac{c}{\lambda}, \lambda = 2l \Rightarrow f = \frac{c}{2l}$$

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,75} \text{ Hz} = 200000000 \text{ Hz} = 200 \text{ MHz}$$

Příklad

- ▶ Rock Rádio Šumava vysílá v Teplicích na frekvenci 92,4 MHz. Určete vlnovou délku jeho vln.

$$f = 92,4 \text{ MHz} = 92,4 \cdot 10^6 \text{ Hz}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}; \lambda = ?$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{92,4 \cdot 10^6} \text{ m} \doteq 3,25 \text{ m}$$



Literatura

- ▶ [1] BEDNAŘÍK, Milan et al. *Fyzika IV pro studijní obory středních odborných učilišť*. 2. vyd. Praha: SPN, 1989. 212 s. Učebnice pro střední školy.
- ▶ [2] AUTOR NEUVEDEN. *Maxwellovy rovnice a elektromagnetické vlny* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: http://www.aldebaran.cz/elmg/kurz_13_maxw.pdf
- ▶ [3] TECHMANIA. *Elektromagnetické vlnění* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456c656b74726f6d61676e657469636be920766c6e79h&key=513
- ▶ [4] KF. *wikipedia.cz* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:ElmgSpektrum.png>
- ▶ [5] TATOUTE; PHROOD. *wikipedia.cz* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Spectre.svg>
- ▶ [6] TECHMANIA. *Rádiové vlny* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=456c656b74726f6d61676e657469636be920766c6e79h&key=521
- ▶ [7] AUTOR NEUVEDEN. *UPnet – Přístupové body* [online]. [cit. 10.5.2013]. Dostupný na WWW: http://www.upnet.upol.cz/pristupove_body_soubory/heliport.jpg
- ▶ [8] Klipart mikrovlnné trouby ze série klipartů od firmy Zoner
- ▶ [9] AUTOR NEUVEDEN. *rockjeslusnamuzika.cz* [online]. [cit. 7.6.2013]. Dostupný na WWW: http://eshop.rockjeslusnamuzika.cz/index.php?route=product/product&product_id=59

Sdělovací soustava

Ing. Stanislav Jakoubek

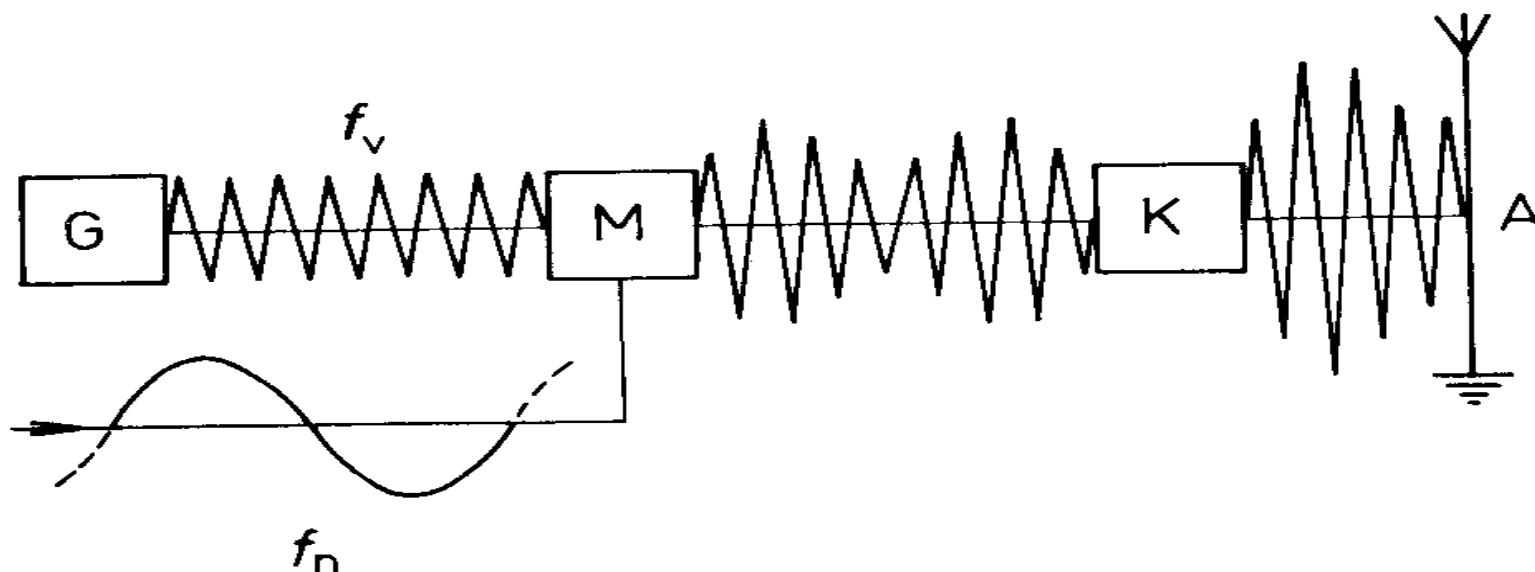
Sdělovací soustava – definice

- ▶ Elektromagnetické vlnění umožňuje přenos zpráv, hudby, obrazu, dat, ...
- ▶ K tomu je zapotřebí celá řada technických prostředků, se kterými se postupně seznámíme
- ▶ Jejich souhrn se nazývá **sdělovací soustava**
- ▶ Poznámka: k výkladu použijeme rozhlasovou sdělovací soustavu

Vysílač

- ▶ Zvukové (mechanické) kmitání řeči a hudby se mění na elektrické kmitání o vysoké frekvenci
- ▶ Toto vysokofrekvenční kmitání se formou elektromagnetických vln šíří anténou vysílače do prostoru

Funkční schéma vysílače



G – vysokofrekvenční generátor

M – modulátor

K – koncový zesilovač

A – anténa

Vysokofrekvenční generátor

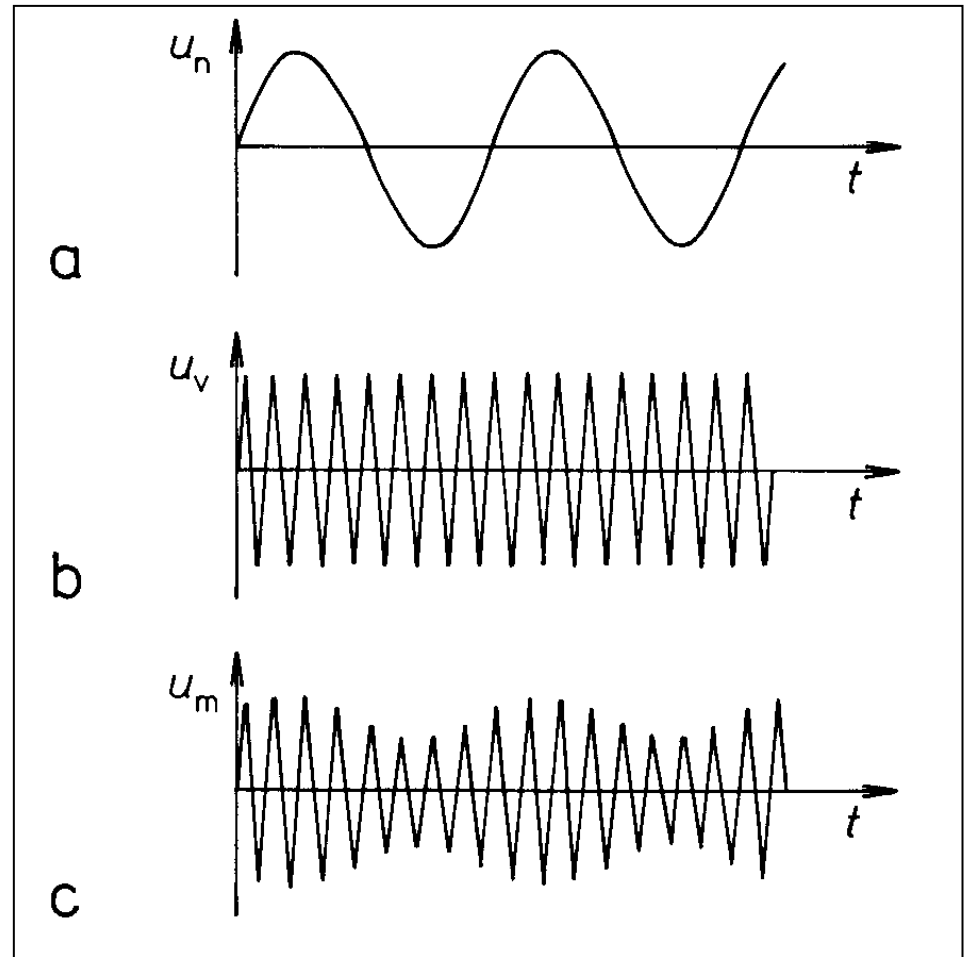
- ▶ Je zdrojem netlumeného elektrického kmitání o **nosné frekvenci** f_v
- ▶ To je ta frekvence, na kterou ladíme stanice 😊
- ▶ Nosné frekvence jsou děleny do radiokomunikačních pásem, aby se vysílače navzájem nerušily

Modulátor

- ▶ Kmitání nosné frekvence je ovlivňováno akustickým signálem, který má nízkou frekvenci f_n
- ▶ Tento děj se nazývá **modulace** a příslušná část vysílače se nazývá **modulátor**
- ▶ Používají se dva druhy modulace:
 1. Amplitudová (pro dlouhé, střední a krátké vlny; AM)
 2. Frekvenční (pro velmi krátké vlny; FM)

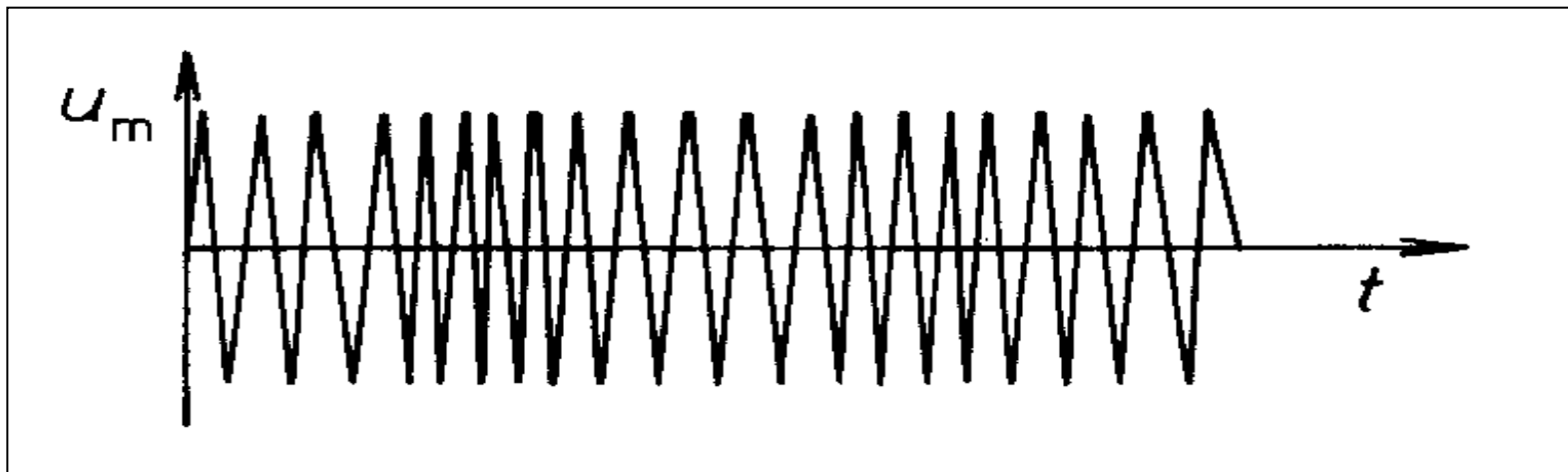
Amplitudová modulace

- ▶ Nízkofrekvenčním signálem u_n (a) se mění amplituda vysokofrekvenčních kmitů u_v (b) a vzniká výsledný modulovaný signál u_m (c).



Frekvenční modulace

- ▶ Amplituda nosných kmitů je konstantní
- ▶ Mění se jejich frekvence
- ▶ Frekvenčně modulovaný signál je značně složitý a jeho přenos je možný pouze na velmi vysokých frekvencích pásma VKV



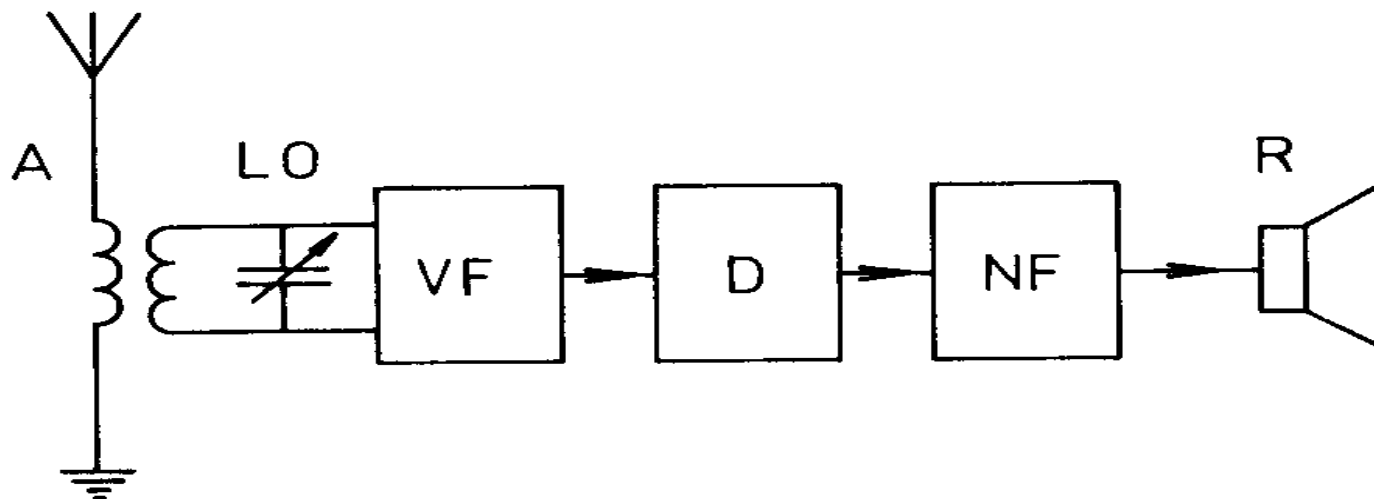
Koncový zesilovač, anténa

- ▶ Modulovaný signál je slabý
- ▶ Proto je přiveden ke koncovému zesilovači
- ▶ Na výkonu zesíleného signálu závisí dosah vysílače
- ▶ Anténa – obvykle půlvlnný dipól nebo soustava dipólů

Přijímač

- ▶ Je koncovým článkem sdělovací soustavy
- ▶ Existují různé konstrukce a různé principy činnosti
- ▶ Ukážeme jedno z možných schémat

Funkční schéma přijímače



A – anténa

LO – laditelný oscilační obvod

VF – vysokofrekvenční zesilovač

D – demodulátor

NF – koncový zesilovač

R – reproduktor

Anténa

- ▶ Elektromagnetický dipól
- ▶ Zachytává část energie modulovaného elektromagnetického vlnění vysílaného vysílačem
- ▶ V anténě vzniká kmitání – střídavý proud s nepatrnou amplitudou
- ▶ Vazbou (v našem případě indukční) se přenáší do laditelného oscilačního obvodu

Laditelný oscilační obvod

- ▶ Ladí se mění pomocí změny kapacity kondenzátoru
- ▶ Při dosažení frekvence nosné vlny vysílače dochází k rezonanci oscilačního obvodu
- ▶ Malým napětím z antény se vybudí v oscilačním obvodu kmitání o velké amplitudě

Vysokofrekvenční zesilovač

- ▶ Díky rezonanci je signál zesílený (oproti slabým kmitům na anténě)
- ▶ Ovšem příliš silný ještě není
- ▶ Tento signál se pomocí vysokofrekvenčního zesilovače dále zesiluje

Demodulátor

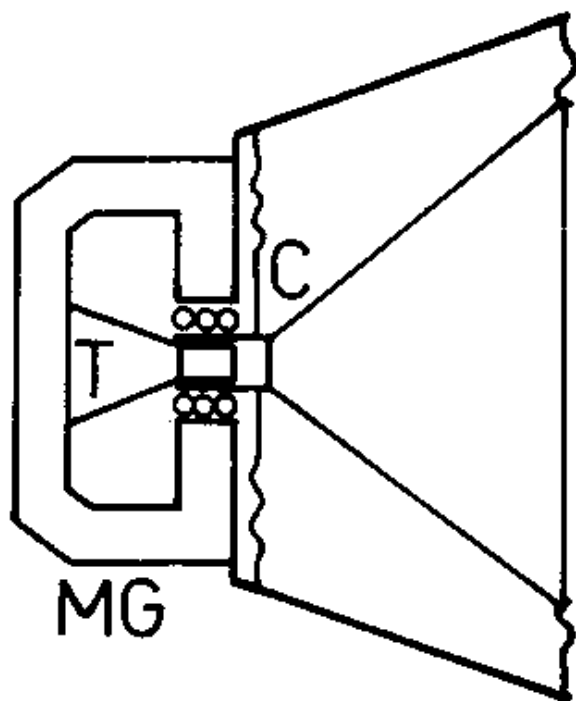
- ▶ Oddělí vysokofrekvenční nosnou složku od nízkofrekvenčního signálu zvukové frekvence
- ▶ Tento děj se nazývá demodulace
- ▶ Je to opačný proces k modulaci ve vysílači

Koncový zesilovač

- ▶ Nízkofrekvenční zesilovač
- ▶ Zesiluje nízkofrekvenční signál zvukových frekvencí
- ▶ Takto zesílený zvukový signál je přiveden na výstupní zařízení – reproduktor

Reproduktor

► Elektrodynamický reproduktor



MG – magnet ve tvaru dutého válečku

T – trn; tyčinka procházející středem magnetu

C – kmitací cívka; je vložena do silného magnetického pole v úzké štěrbině (1 – 2 mm) mezi trnem a magnetem; je pevně spojena s papírovou membránou

Princip činnosti reproduktoru

- ▶ Do vinutí kmitací cívky přivádíme proměnný signál z koncového zesilovače
- ▶ Magnetické pole na ni působí proměnlivou silou, která cívku rozkmitává
- ▶ Kmitání cívky se přenáší na membránu
- ▶ Kmitání membrány se stává zdrojem zvukových vln

Literatura

- ▶ [1] BEDNAŘÍK, Milan et al. *Fyzika IV pro studijní obory středních odborných učilišť*. 2. vyd. Praha: SPN, 1989. 212 s. Učebnice pro střední školy.