

Cvičení 8 ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ

Příklad 1

Určete vlnovou délku elektromagnetického vlnění vyzařovaného vysílačem, jestliže náboj na deskách kondenzátoru v jeho oscilačním obvodu má amplitudu Q_m a proud v obvodu má amplitudu I_m . Rychlost elektromagnetického vlnění je v .

Řešení

V oscilačním obvodu se periodicky mění energie elektrického pole kondenzátoru na energii magnetického pole cívky, takže v případě, že neuvažujeme ztráty energie, je

$$E_e = E_m$$

neboli

$$\frac{1}{2} \frac{Q_m^2}{C} = \frac{1}{2} L I_m^2.$$

Odtud najdeme

$$I_m = \frac{1}{\sqrt{LC}} Q_m = \omega_0 Q_m = 2\pi f Q_m,$$

$$f = \frac{I_m}{2\pi Q_m}.$$

Této frekvenci oscilátoru odpovídá vlnová délka elektromagnetického vlnění

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2\pi Q_m}{I_m}.$$

Příklad 2

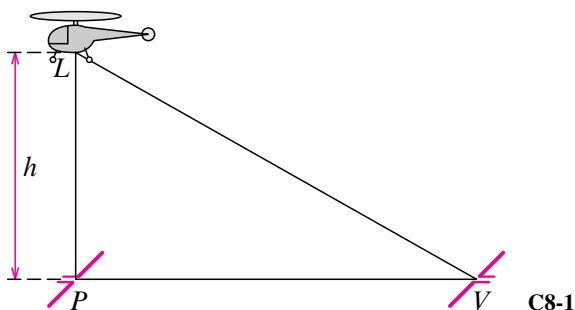
Při přeletu vrtulníku nad televizní anténou pozorujeme periodické zeslabování a zesilování televizního signálu. Je to způsobeno interferencí vlnění přijatého anténou přímo z vysílače a po odrazu od vodivých ploch na povrchu vrtulníku. Odvoďte vztah pro výšku vrtulníku nad anténou, při níž dochází k interferenčnímu zesílení signálu.

Řešení

Při odrazu od vodivé plochy se mění fáze elektromagnetického vlnění v opačnou fázi a interferenční zesílení signálu nastává v případě, že dráhový rozdíl vlnění

$$\Delta s = s_1 - s_2 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

kde $s_1 = |VP|$, $s_2 = |VL| + |LP|$ (obr. C8-1) a $k = 0, 1, 2, \dots$



Z obr. C8-1 pro výšku vrtulníku h ($h = |LP|$) vyplývá

$$h^2 = (s_2 - h)^2 - s_1^2$$

a po úpravě

$$h = \frac{s_2^2 - s_1^2}{2s_2}.$$

Při značné vzdálenosti od vysílače ($s_1 \rightarrow s_2$) dostaneme

$$h = \frac{(s_2 - s_1)(s_2 + s_1)}{2s_2} \approx s_2 - s_1,$$

takže interferenční zesílení signálu je určeno přímo podmínkou

$$h = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Příklad 3

Impulzní radiolokátor vysílá $2,5 \cdot 10^3$ radiolokačních impulsů za sekundu a každý impuls má dobu trvání $0,6 \mu\text{s}$. Určete největší a nejmenší vzdálenost objektu, kterou lze radiolokátorem zjišťovat.

Řešení

$$n = 2,5 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}, t = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ s}; l_{\min} = ?, l_{\max} = ?$$

Aby bylo možné na obrazovce identifikovat odražený impulz, musí se vrátit k anténě radiolokátoru za dobu τ , která je větší než t , ale menší než perioda T impulzů ($T = 1/n$; n je počet impulzů za sekundu).

Nejmenší vzdálenost $l_{\min}$ zjištěná radiolokátorem tedy bude

$$l_{\min} = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}{2} \text{ m} = 90 \text{ m}$$

a největší vzdálenost

$$l_{\max} = \frac{cT}{2} = \frac{c}{2n} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2,5 \cdot 10^3} \text{ m} = 6 \cdot 10^4 \text{ m} = 60 \text{ km}.$$

Radiolokátorem lze zjišťovat objekty v nejmenší vzdálenosti 90 m a v největší vzdálenosti 60 km.

Úlohy

První dvě úlohy řešte samostatně ve skupinách.

Skupina A

- 1** Anténní dipól pro příjem televizního vysílání má délku 0,32 m. Pro jakou frekvenci televizního vysílače je určen?
- 2** Radiolokátor vyslal impulz elektromagnetického vlnění směrem k vodivé překážce a jeho přijímač zaregistroval odražený impulz za 60 μs . Určete vzdálenost překážky od radiolokátoru.

Skupina B

- 1** Televizní vysílač v televizním pásmu UHF (*Ultra High Frequency*) pracuje s frekvencí 470 MHz. Určete délku dipólu pro příjem tohoto vysílání.
- 2** Vodivá překážka je ve vzdálenosti 12 km od radiolokátoru. Jaká doba uplyne mezi vysláním radiolokačního impulzu a jeho příjmem v radiolokátoru?
- 3** Dlouhé elektromagnetické vlny (DV) v pásmu 30 kHz až 300 kHz se dnes již k rozhlasovému vysílání prakticky nepoužívají. V tomto pásmu však pracuje např. vysílač DCF77 umístěný v Německu blízko Frankfurtu nad Mohanem, který plní funkci frekvenčního a časového standardu pro Evropu. Frekvence vysílače je 77,5 kHz a jeho signálem se seřizují rádiem

řízené hodiny. Určete vlnovou délku elektromagnetického vlnění vysílače. Proč nelze tuto službu realizovat vysílačem např. v pásmu VKV?

- 4 Pro monitorování nouzového volání (SOS, mayday) v lodní a letecké dopravě se používají frekvence rádiového vysílání 2 182 kHz (lodi) a 121,5 MHz (letadla). Určete vlnovou délku těchto vysílání.
- 5 Za dipólem přijímací antény je pohyblivě umístěna vodivá deska. Při vzdalování desky od dipólu zjistíme, že se přijatý signál periodicky zesiluje a zeslabuje. Vzdálenost dvou sousedních poloh desky, v nichž nastalo zesílení signálu, je 65 cm. Určete frekvenci, na které pracuje vysílač.
- 6 Určete délku půlvlnného dipólu, jehož základní frekvence odpovídá frekvenci oscilačního obvodu s kondenzátorem o kapacitě 10 pF a cívkou o indukčnosti 0,9 μH .
- 7 Určete délku půlvlnného dipólu pro vysílání a příjem elektromagnetického vlnění o frekvenci 430 MHz ve vzduchu a ve vodě ($\epsilon_r = 81$; $\mu_r = 1$).
- 8 Elektromagnetické vlnění o vlnové délce 240 m proniká ze vzduchu do stejnorodého prostředí, v němž se šíří rychlostí $2 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Určete vlnovou délku elektromagnetického vlnění v tomto prostředí.
- 9 Radiolokátor je určen pro radiolokaci cílů ve vzdálenosti větší než 30 km. Určete maximální počet impulzů, které radiolokátor vyšle za sekundu.
- 10 Radiolokátor vysílá za sekundu 4 000 impulzů elektromagnetického vlnění o vlnové délce 15 cm. Doba trvání jednoho impulzu je 0,02 μs . Určete, kolik kmitů obsahuje jeden impulz a do jaké největší vzdálenosti lze radiolokátorem určovat cíle.
- 11 Výkonné radiolokátory umožňují experimentálně zjišťovat vzdálenost kosmických objektů. Při radiolokaci Měsíce se impulz odražený od jeho povrchu vrátil za 2,563 s. Určete vzdálenost Měsíce.
- 12 Pro přenos vysokofrekvenčních signálů se používají koaxiální kabely (obr. C8-2). Tvoří je vnitřní měděný vodič obklopený dielektrikem a vně dielektrika je vodivý válec např. v podobě měděné sítky. Povrch kabelu tvoří vrstva PVC. Jako dielektrikum se používá obvykle pevný polyethylen (PE) nebo pěnový polyethylen (FPE, z angl. *foam polyethylene*). Relativní permitivita PE $\epsilon_r = 2,30$ a FPE $\epsilon_r = 1,42$, oba materiály mají relativní permeabilitu $\mu_r = 1$. Elektromagnetické vlnění se koaxiálním kabelem

šíří menší rychlostí než ve vzduchu. Určete rychlost elektromagnetického vlnění v obou druzích koaxiálních kabelů. Uvažte, proč má FPE menší permitivitu než PE.



C8-2