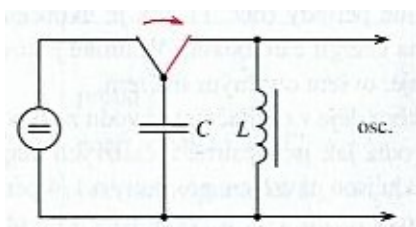


5. Elektromagnetické kmitání a vlnění

5.1 Oscilační obvod

Alternátor vyrábí střídavý proud o frekvenci 50 Hz. V praxi potřebujeme napětí různých frekvencí. Místo frekvence používáme pojem kmitočet. Různé frekvence získáváme na oscilátorech.



Základním prvkem oscilátoru je oscilační obvod (LC obvod). Tzn. v obvodu je cívka a kondenzátor a tyto prvky určují vlastnosti obvodu.

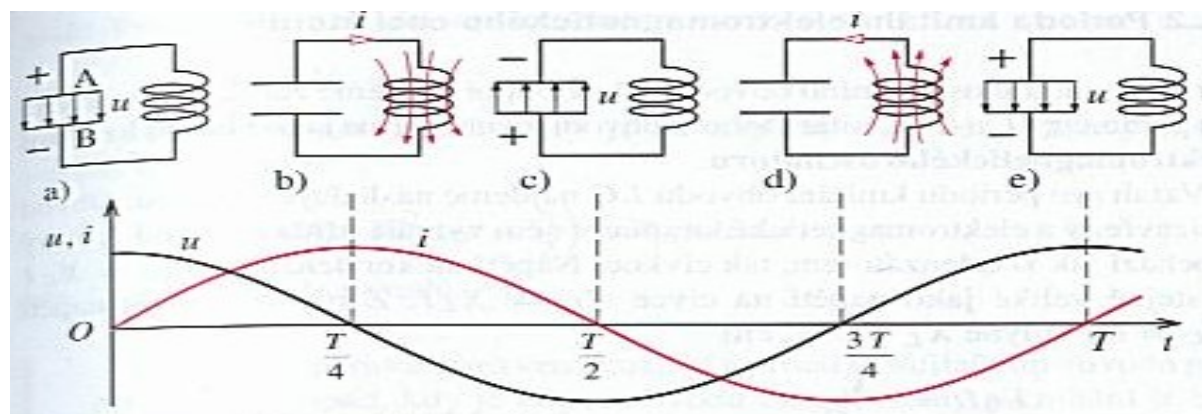
Nejprve nabijeme kondenzátor zdrojem stejnosměrného napětí. Nabitý kondenzátor pak přepínačem připojíme k cívce a tím se kondenzátor vybíjí. Energie elektrického pole se mění na energii magnetického pole cívky. Tento

děj se periodicky opakuje a vznikne elektromagnetické kmitání.

Negativní jevy

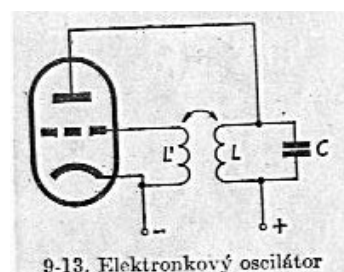
Tento děj můžeme pozorovat pomocí osciloskopu. Na přístroji vidíme, že napětí a proud se zmenšuje, což je způsobeno přeměnou elektrické a magnetické energie v teplo. Dojde k útlumu a případně až zániku vlnění a nemůžeme tento jev nijak odstranit.

5.2 Děje v oscilačním obvodu



- Napětí na kondenzátoru největší, mezi deskami je elektrické pole, proud je nulový. Kondenzátor se začne přes cívku vybíjet.
- Proud v cívce roste na maximum, napětí na kondenzátoru klesá k nule, elektrické pole zaniká, vzniká magnetické pole v cívce. Kondenzátor je vybit – proud se musí zužovat – v cívce se indukuje napětí (opačné než původní). Tímto napětím se znovu nabíjí kondenzátor.
- Kondenzátor je nabit opačně než v případě a. Magnetické pole zaniklo, proud klesl k nule a vzniká elektrické pole mezi deskami kondenzátoru.

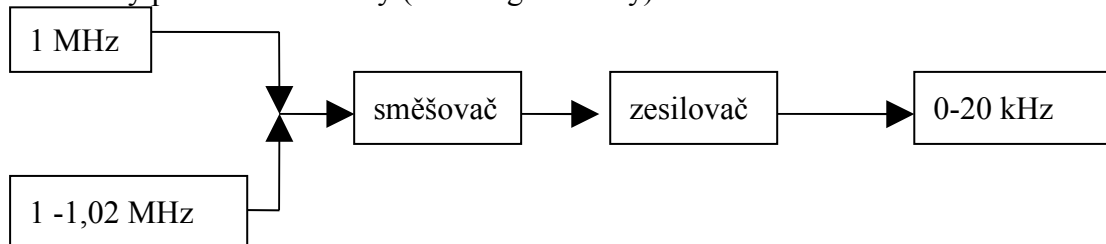
5.3 Elektronkový oscilátor



Základem je zpětná vazba. Je to takový obvod kdy se část výstupního napětí vrací na vstup a sčítá se se vstupním napětím. Díky tomu dochází k řízení činnosti oscilátoru.

LC je v anodovém obvodu, napětí na něm je výstupní a je indukční vazbou přenášeno na vstup.

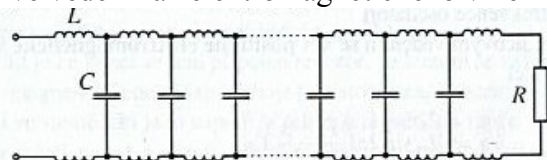
Oscilátory pro nízké kmitočty (tónové generátory):



Vznikne součet frekvencí a ten se potlačí. Využije se rozdíl a ten se zesiluje. Vzniká tónový generátor.

5.4 Vznik elektromagnetického vlnění

Každý spotřebič připojujeme ke zdroji napětí dvěma vodiči – vedením. Pokud je napětí nízkého kmitočtu, nedochází ke změnám ve vedení. Je-li napětí vysokého kmitočtu, mají děje ve vedení ráz elektromagnetického vlnění.



Představme si vedení jako pružná vlákna. To je vlastně řada mechanických oscilátorů spojených vazbou. Rozkmitá-li se jeden bod, přenáší se kmitání k dalším bodům a lze to zapsat rovnicí

$$\text{postupné vlny: } y = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right).$$

Dvojitě vedení je vlastně soustavou oscilátorů obvodů spojených vazbou.

Vynutíme-li kmit v 1. obvodu přenášejí se postupně do dalších a vedením se šíří jako elektromagnetická vlna. V libovolném bodě ve vzdálenosti x od zdroje je napětí:

$$u = U_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right), \quad U_m - \text{amplituda napětí, } T - \text{perioda střídavého napětí, } \lambda - \text{je vlnová délka.}$$

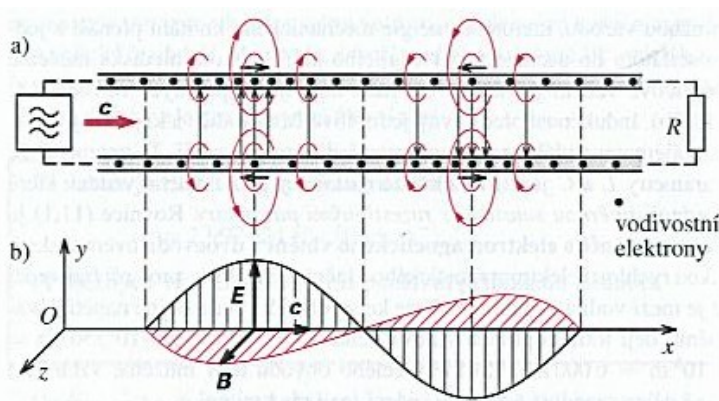
Rychlost elektromagnetického vlnění je jako rychlost světla: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Je-li $f=50 \text{ Hz}$ pak vlnová délka je $6\,000\,000 \text{ m}$.

Elektromagnetické děje při nízkých kmitočtech mají ráz kmitání, veličiny, které děj popisují, jsou funkční času.

Elektromagnetické děje při vysokých kmitočtech jsou nestacionární a mají ráz vlnění, veličiny, které děj popisují, jsou funkcí času a místa.

5.5 Elektromagnetická vlna



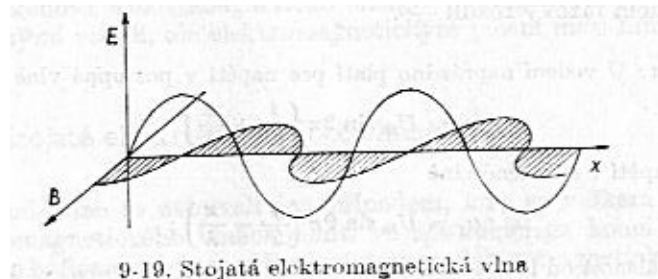
Je-li vedení připojeno ke zdroji napětí, který kmitá harmonicky s vysokým kmitočtem, je v různých místech vedení různé napětí a i náboj je rozložen nerovnoměrně. Proto je také různá intenzita elektrického pole mezi vodiči, ale i magnetické pole kolem vodičů. Obě pole jsou na sebe kolmé. Lze je znázornit sinusovkou.

Mezi vodiči vzniká výsledné silové pole, které má dvě složky: elektrickou a magnetickou a nazývá se elektromagnetické pole.

Elektromagnetické pole vzniklo jako následek nestacionárního děje přenosu elektromagnetické energie vedením a lze je charakterizovat jako postupné elektromagnetické energie vedením a lze je charakterizovat jako postupné elektromagnetické vlnění.

Vektor magnetické indukce a vektor intenzity elektrického pole jsou navzájem kolmé a současně jsou kolmé na směr přenosu elektromagnetické energie. Energie není přenášena samotnými vodiči, ale elektromagnetickým polem mezi nimi.

5.6 Stojaté elektromagnetické vlnění



9-19. Stojatá elektromagnetická vlna

V předcházejících případech se vždy veškerá energie elektromagnetického vlnění pohltí ve spotřebiči na konci vedení.

Nás zajímá případ, kdy se na konci odrazí zpět ke zdroji. Dojde k tomu tehdy, je-li mezi napětím a proudem fázový posun $\pi/2$. Nastává to tehdy, není-li na konci vedení spotřebič –

vedení naprázdno.

Napětí má na konci vedení největší hodnotu a jeho fáze se při odrazu nemění. Proud má na konci nulovou hodnotu (rozpojené vedení) a jeho fáze se mění o π . Vlna odražená se skládá s postupující a vzniká stojaté elektromagnetické vlnění. Podél vedení jsou rozloženy kmity a uzly. Ve stojaté vlně jsou elektrické a magnetické pole posunuty o $\pi/2$.

5.7 elektromagnetický dipól

Obecně

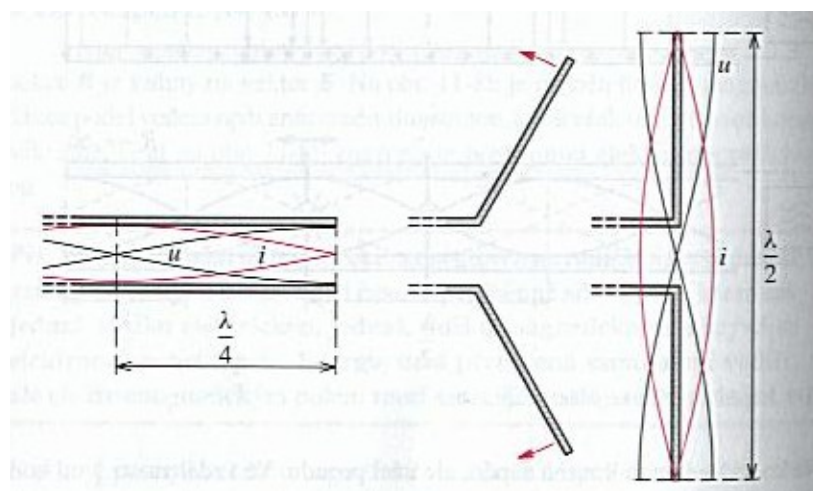
Elektromagnetické vlnění, které se šíří vedením je s ním těsně spjata a jeho energie je soustředěna v elektromagnetickém poli mezi vodiči. Lze však dosáhnout vyzařování této energie. U dvojitého vedení, které má na konci kmitnu napětí a ve vzdáleném (čtvrtina) kmitnu proudu dosáhneme vyzařování tímto způsobem. Kolem svislých vodičů se vytváří elektromagnetické pole a do prostoru se šíří postupné elektromagnetické vlnění. Dané zařízení se nazývá elektromagnetický dipól. Je to otevřený oscilátor.

Televizní signál z pozemních vysílačů i z telekomunikačních družic musí být přenášen volným prostorem. Jak budeme signál šířit?

Vyzáříme do prostoru energii v podobě postupného elektromagnetického vlnění. To zajistíme pomocí antény, co je v podstatě elektromagnetický dipól.

Praktické využití

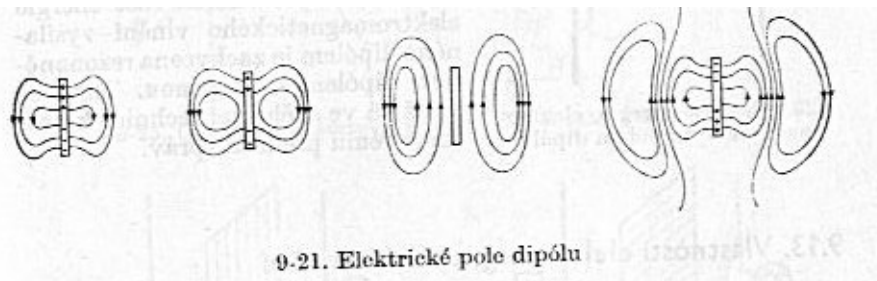
Anténa



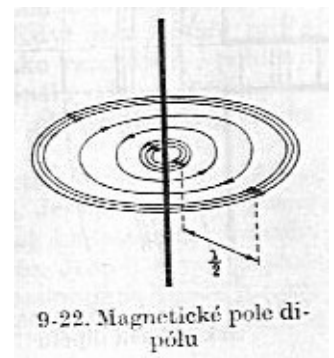
Rozevřeme konce dvouvodičového vedení (anténa) o délce $\frac{\lambda}{4}$ do směru kolmého k vedení. V odchýlených částech vedení vznikají proudy, které mají v každém okamžiku souhlasný směr.

Magnetické pole těchto proudů pak zasahuje do celého prostoru. Napětí na koncích vodičů dosahuje periodicky největší hodnoty a vzniká elektrické pole, které se šíří do okolí. U jednoduchého elektromagnetického dipólu odpovídá délka dipólu polovině vlnové délky vyzařovaného elektromagnetického vlnění (půlvlnný dipól).

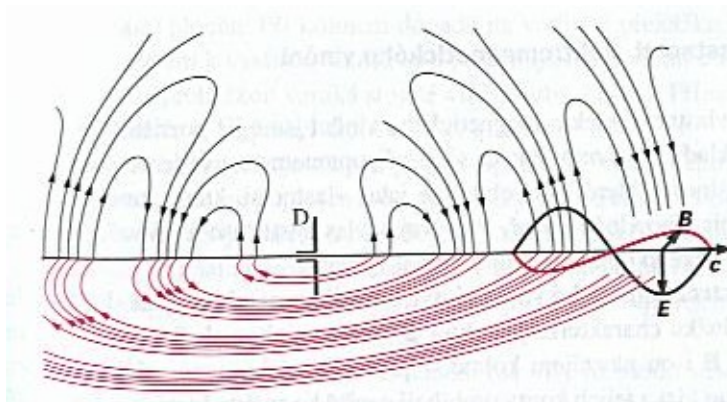
Kolem antény vzniká pole, které má elektrickou i magnetickou složku, které nemůžeme vzájemně oddělit. Tvoří jediné elektromagnetické pole znázorněné pomocí siločar.



9.21. Elektrické pole dipólu



9.22. Magnetické pole dipólu



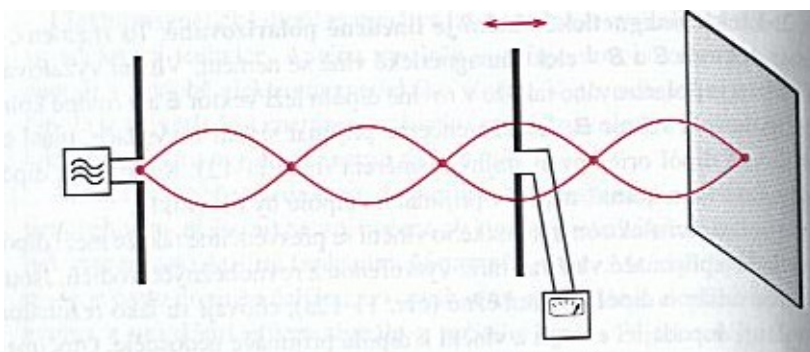
Druhy antén:

- anténa – vysílací – vysílá elektromagnetické vlnění
- anténa – přijímací – přijímá elektromagnetické vlnění

5.8 Vlastnosti elektromagnetického vlnění

1) Elektromagnetická vlna má dvě navzájem neoddělitelné složky. Elektrickou a magnetickou složku. Obě složky jsou na sebe kolmé. V postupné vlně mají souhlasnou fázi a jejich kmity probíhají napříč ke směru, kterým se vlnění šíří. Elektromagnetické vlnění je vlnění příčné.

2) Elektromagnetické vlnění je lineárně polarizované. Směr el. pole i mag. pole se nemění.



3) elektromagnetické vlnění se odráží a projevuje se jeho ohyb (difrakce). Odraz elektromagnetického vlnění pozorujeme při dopadu na vodivou (kovovou) plochu. Při

kolmém dopadu se vlnění odráží zpět směrem k vysílači a zde se skládá s postupujícím vlněním a v prostoru mezi dipólem a překážkou vzniká stojaté vlnění. Příjem signálu je nejlepší, jestliže je přijímací dipól v místě kmitny. Stín vlnění vzniká pokud je překážka příliš velká a elektromagnetické vlnění ji prostě nemůže překonat.

Satelit

Odrážná plocha umožňuje zlepšit příjem signálu ze vzdáleného vysílače. Vezmeme tyč určité délky (či plochu parabolického tvaru „talíř u satelitu“) a umístíme ji do vhodné vzdálenosti za dipólem přijímače (anténu či přijímací čidlo), amplituda jeho kmitů se zvětší a přijatý signál zesílí.

4) Prostředí, kterým se elektromagnetické vlnění šíří, ovlivňuje svými vlastnostmi jeho vlnovou délku. Reálná rychlost vlnění je menší než rychlost šíření ve vakuu: $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}}$, ϵ_r

- relativní permitivita, μ_r - relativní permeabilita prostředí. Tento vztah platí hlavně pro nízké frekvence.

Radar (Radio detecting and ranging) – Zařízení pro zjišťování a zaměřování rádiem. První radary byly použity za 2. světové války jako prostředky protivzdušné obrany Anglie. V dnešní době se používají jako zařízení pro určování polohy různých objektů (letadel, lodí, raket, bouřkových mraků) v prostoru.

Princip:

Využívá se zde přímočarého šíření velmi krátkého elektromagnetického vlnění a jeho odrazu od vodivých překážek.

Základem radaru je vysílač elektromagnetického vlnění o vlnových délkách 0,01 m až 0,5m. Vlnění je vyzařováno v krátkých impulzech anténou, která má často tvar mohutné paraboly. Vlnění se šíří v úzkém paprsku směrem ke sledovanému objektu a po odrazu od jeho povrchu se vrací zpět k anténě. V přijímači radiolokátoru se zjišťuje doba t , která uplynula od vyslání impulzu, takže vzdálenost objektu $l = ct/2$. Směr objektu, který je určen polohou antény v okamžiku vyslání impulzu a vzdálenost určují souřadnice sledovaného objektu v prostoru.