

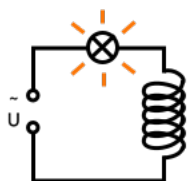
PMR vagy mobiltelefon?

Fizikai háttér

Vizsgáljunk ohmikus ellenállást, tekercset és kondenzátort váltakozó áramú körben.

Ohmikus ellenállás esetén nem tapasztalunk különbséget az egyenáramhoz képest (azonos effektív teljesítményű váltóárammal).

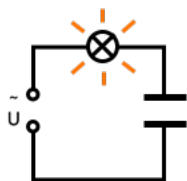
Amikor egy izzó mellé vasmagos tekercset kapcsolunk, azt tapasztaljuk, hogy az ideális tekercsnek is ellenállása van. Ez azért van, mert a tekercsnek a váltóáramú körben induktív ellenállása van (X_L), benne váltakozó mágneses tér alakul ki a váltakozó áram hatására. Ez a váltakozó mágneses mező pedig akadályozza az őt létrehozó áramot. Mivel a mágneses mező kialakulása akadályozza, a megszűnése pedig segíti a váltakozó áramot, ezért a tekercs árama negyed periódust késik az áramforrás feszültségéhez képest.



Az induktív ellenállás egyenesen arányos a tekercs induktivitásával (L), és a feszültség körfrekvenciájával (ω).

$$X_L = L \cdot \omega$$

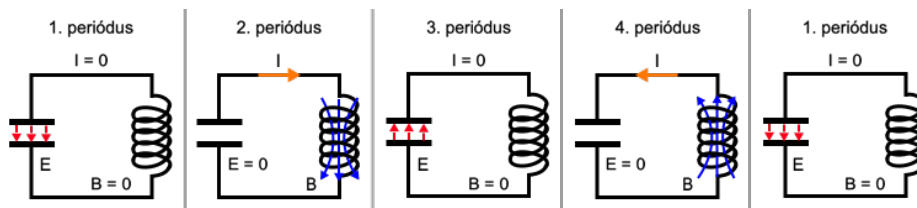
Most a tekercs helyére rakjunk kondenzátort, ekkor a váltakozó áramú körben a kondenzátor nem szakítja meg az áramkört, viszont azt tapasztaljuk, hogy ellenállása van, ezt nevezük kapacitív ellenállásnak (X_C). Mivel a kondenzátor feltöltődik, ezért az áramforrás feszültségéhez képest negyed periódussal korábban már feszültség jelentkezik rajta (kisül), így a kondenzátor miatt az áram a körben negyed periódust siet.



A kapacitív ellenállás fordítottan arányos a kondenzátor kapacitásával (C) és a váltakozó feszültség körfrekvenciájával (ω).

$$X_C = \frac{1}{C \cdot \omega}$$

Most kapcsoljunk össze egy kondenzátort és egy tekercset, és a kondenzátorra vigyünk töltést (1. periódus). Ekkor, ha a tekercs és a huzal is ideális, akkor az alábbi jelenséget figyelhetjük meg.

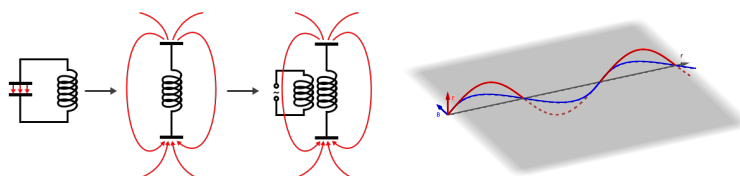


Mivel a kondenzátoron lévő töltés kisül, ezért áram folyik keresztül a tekercsen (2. periódus). Ettől a tekercsben mágneses tér alakul ki. Amikor az áram megszűnik, a tekercsen olyan feszültség indukálódik, ami ezt akadályozza, tehát tovább folyik áram. Így a kondenzátor ellentétes töltésre töltődik (3. periódus). Ez megint kisül, így ellentétesen játszódik le a folyamat a tekercsen

(4. periódus). Majd ugyanez kezdődik előlről. Ezt nevezzük elektromágneses rezgőkörnek. A Thomson-formula alapján pedig meghatározható a frekvenciája:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Ha ennek a rezgőkörnek a kondenzátorát szétnyitjuk, akkor azt változó elektromos mező fogja körülvenni. A változó elektromos mező maga körül merőlegesen örvényes változó mágneses teret indukál. Ez az örvényes mágneses tér maga körül merőlegesen örvényes változó elektromos teret indukál. És így gömbfelület mentén terjed az elektromágneses hullám, amiben egymásra merőlegesen rezeg az elektromos és a mágneses tér.



A rezgőkörből létrehozott antenna és az elektromágneses hullám terjedése.

Ezzel megalkottuk az elektromágneses antennát, aminek a jeleit egy azonos sajátfrekvenciájú rezgőkörrel venni tudjuk. Így pedig alkalmassá válik az elektromágneses hullám elektromosan kódolt jelek továbbítására. A PMR és a mobiltelefon is ilyen adó és vevőegységek.

PMR (Personal Mobile Radio)

A teljes elektromágneses színekép (vagy spektrum), az egészen nagy hullámhosszoktól a látható tartományon is túl lévő ionizáló sugárzásokig mindent tartalmaz. Ezeket nagyobb tartományként megkülönböztetjük: rádióhullámok (rezgőkörrel állítható elő, $\lambda \geq 3 \cdot 10^{-4}$ m), látható tartomány ($760 \text{ nm} \geq \lambda \geq 380 \text{ nm}$), ionizáló sugárzások ($2 \cdot 10^{-9} \text{ m} \geq \lambda \geq 10^{-13} \text{ m}$).

A PMR (hétköznapi nevén walkie-talkie) egy nem engedélyköteles, elterjedt rádió-kommunikációs eszköz. Ez Európában a PMR446-os rádiókat jelenti, amelyek részére a 446,000 – 446,100 MHz közt 8 db 12,5 kHz-es csatorna van fenntartva. A 8 csatorna azt jelenti, hogy egy területen egyidőben legfeljebb 8 állomás adhat anélkül, hogy zavarnák egymást. Ezen kívül pedig léteznek úgynevezett szelektív zajzárak, amikhez tartozó kódok alapján kiválaszthatjuk, hogy kit szeretnénk hallani (ilyen a CTCSS kód, amiből 38, vagy a DCS kód, amiből 83 létezik).



A 446 Mhz-hez nagyjából 67 cm-es hullámhossz tartozik, így ez ultrarövid hullámnak számít. Ezek a sugarak egyenes vonalban terjednek, áthatolnak az ionoszférán és kijutnak a világűrbe. A Föld görbületét nem követik, ezért a Föld felszínén nagy távolságba nem jutnak el.

Mivel a rádiózáshoz tartozó csatornák nem privátak, ezért a PMR rádiózáshoz íratlan etikett is tartozik, hogy a felhasználók békésen tudjanak egymással kommunikálni. Azonban a készülék használojának nem kell semmilyen vizsgát tennie.

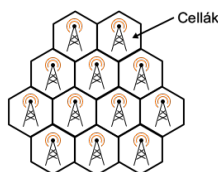
Ezek a készülékek maximum 500 mW teljesítményt sugározhatnak, és a készülékekhez külső antennát nem szabad hozzáilleszteni. A használt frekvencia (446 MHz) hullámhossza 67 cm, így

a kézi készülékekbe is aránylag hatásos (17 cm-es) antennát építhetnek. A hatótávolság a teljesítménytől és a hullámhossztól is függ, így ez nyílt terepen átlagosan 2-10 km, városban kb. 300 m-8 km, de ez nagyban függ a tereptárgyak árnyékolásától. Két magaslat között például akár 30 km is lehet.

Mobiltelefon

A mobiltelefonokat úgy lehet legjobban leírni, mint egy PMR rendszert, ahol a két készülék között adó-vevő állomások továbbítják az információt. Amikor egy másik felhasználót tárcsázunk, akkor a SIM kártya alapján történik az azonosítása, és létrejön a kapcsolat. Ez alapján két alapvető fajtája létezik: műholdas és földi (adótoronyos), ez utóbbi tartozik a GSM szabványba. A műholdas telefonálás legtöbb esetben nagyon drága, és csak különleges esetekben szükséges (például hegymászó expedícióknál), amikor földi rendszer nincsen kiépítve, lakossági használatban viszont a GSM az elterjedt.

A GSM egy úgynevezett cellás hálózat, ahol a lefedett területet hatszög alakú cellákra bontják, ezeket pedig egy-egy adótorony látja el. Ezek a cellák értelemszerűen annál kisebbek, minél több dolog akadályozza a hullámok terjedését (tehát városban például sokkal kisebbek).



Mivel a felhasználók egy-egy hívás közben is válhatnak cellát, ezért meg kellett oldani, egy úgynevezett handover folyamatot, hogy a váltás zökkenőmentesen tudjon megtörténni. Mivel a GSM hálózatok is csak bizonyos hullámhosszokon működhetnek, így elképzelhető hogy egy cellában túl sok felhasználó van egyszerre és így az adótorony nem tudja ezeket egyidőben kiszolgálni. Ez alól kivételt élveznek a segélyhívások, amelyek számára minden esetben felszabadít az adótorony egy csatornát.

Ha egy felhasználó készüléke sokkal gyorsabban merül, az sok esetben azért van, mert ritkásabb lefedettség esetén a telefonnak nagyobb energiára van szüksége, hogy kommunikáljon a hálózattal.

A 2G, 3G és 4G mind a korábbi hálózati szabványok továbbfejlesztett változatai (G = generáció), amelyek nagyobb lefedettséget, nagyobb sáv szélességet ezáltal gyorsabb kapcsolatot és néhány technikai fejlesztést hoztak. Jelenleg az 5G-s hálózat kiépítése folyik, amely a 28 GHz-es tartományban üzemel majd, és 800 MHz-es sáv szélességgel akár 35,46 Gb/s-es adatkapcsolatot is biztosíthat majd. A szabvány fő részei a 4G-hez képest: nagyobb felhasználó szám kiszolgálása, hatékonyságnövelés, több százévezres vezeték nélküli szenzoros hálózat támogatása (IoT), nagyobb energiahatékonyság és kisebb késleltetés.

A legtöbb mai telefon 900 és 1800 MHz-en működik, és különböző frekvenciát használ az adat küldéséhez és fogadásához (ezért lehet egyszerre küldeni és fogadni). Ezek a hullámok már a mikrohullámok közé tartoznak (néhány tíz centiméteres hullámhossz, de van amelyik már csak néhány centiméteres). Nem követik a Föld görbületét, így ezek is kilépnek a világűrbe.

Összességében tehát láthatjuk, hogy a PMR-ek és a mobiltelefonok között lényeges technikai eltérés nincsen, közöttük a fő különbség, hogy milyen rendszerben oldják meg a jel továbbítását.