



Ultrahang

III. rész

Hanglencsék

Ultrahangszirénák. A sziréna lényeges része az álló henger, vagy korong, amelyen az alkotó, illetve a kör mentén lyuksor van elhelyezve, továbbá a közös tengelyen elhelyezett forgó henger, vagy korong, azonos módon elhelyezett lyuksorokkal. A henger vagy a korong forgásakor a lyukak periodikusán fedik, vagy elzárják egymást. A rendszerre levegőt fújva, az áramlás periodikusan megszakad, ez periodikus nyomásingadozást eredményez, tehát hangot kelt. A keltett hang frekvenciája megadható a lyukak n számának és az N fordulatszámnak a függvényében a következő összefüggéssel:

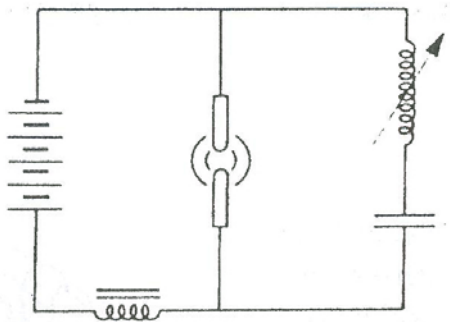
$$\nu = nN \quad (17)$$

Ha 20 kHz frekvenciájú ultrahangot akarunk előállítani $n=50$ lyukú koronggal, ennek másodpercenkénti fordulatszáma 400 kell legyen. Ez komoly műszaki problémát jelent, mivel a hang nagy intenzitása csak akkor biztosított, ha az a álló és forgó rész közötti hézag nem nagyobb mint $0,01 \text{ mm}$. Ennek ellenére széles körben alkalmazzák, mivel jó hatásfokkal nagy intenzitás biztosítható, és könnyen szabályozható a hang frekvenciája.

Ultrahangszípek. Az előzőekben láttuk, hogy megfelelő gerjesztéssel a levegőoszlopok hangforrásként használhatóak, tehát megfelelnek ultrahangok keltésére. Az egyik végén nyitott, másikon zárt levegőoszlop frekvenciáját a (13) adja. Az említett frekvencia szabályozható, ha a zárt végét mozgatható dugattyúval zárjuk le. A dugattyú mozgásával szabályozható az l hossz és ezáltal a hang frekvenciája.

Ezt a generátor típust $40\text{-}100 \text{ kHz}$ frekvenciatartományban alkalmazzák. Előnye, hogy nagy intenzitással és jó hatásfokkal működik, továbbá hogy hangolható.

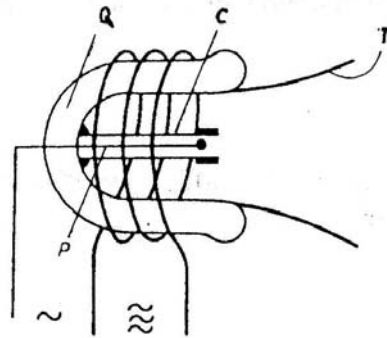
Termikus rezgés-átalakítók. A gázak nyomása a hőmérséklet növekedésével nő, csökkenésével csökken. A periodikus nyomásváltozás akusztikai nyomást jelent, tehát hangot kelt. Ennek következtében a váltóárammal gerjesztett ívfény a közeg részecskéit rezgési állapotba hozza. Tapasztalták, hogy az egyenárammal táplált ívfény hangot ad (ezt nevezik éneklő ívfénynek). Ez a jelenség felhasználható ultrahangok keltésére. Ezen az elven működő generátor elvi vázlatát a 7. ábra szemlélteti. Az ívfényt az egyenáramforrás gerjeszti, ezt modulálják a kondenzátorral és a változtatható induktivitású rezgőkörrel, tehát változó frekvenciával.



7. ábra

A modulálás következtében változik a tápláló áram erőssége és az ívfény hőmérséklete, tehát a környező levegő nyomása is. Az előzőek értelmében hangjelenség lép fel. A keltett hang frekvenciája szabályozható az elektromos rezgőkör sajátfrekvenciájának a beállításával.

Ugyanezen elv alapján működik az *ionofon*. Ennek elvi felépítését a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra

A *C* nyitott kvarccsőben elhelyezett *P* platinaszál alkotja az egyik elektródot, a *Q* kvarcedény köré tekercselt vezető a másikat. Az utóbbira nagyfrekvenciás feszültséget kapcsolnak. A nagyfrekvenciás térben levő *C* kvarccső pereme jól emittáló réteggel van bevonva. A nagyfrekvenciás dielektromos veszteségek következtében a réteg izzásba jön és ionokat bocsát ki. Az ionkibocsátás üteme modulálható, ha a nagyfrekvenciára hangfrekvenciás feszültséget szuperponálnak, így az ionkibocsátás üteme követi a hangfrekvenciáját. Az ionizáció mértékének a változása nyomásingadozást eredményez. A nyomásingadozás közvetlenül a levegőben keletkezik, tehát nincs szükség más rendszer közbeiktatására. Előnye, hogy nagy intenzitást biztosít, szabályozható frekvenciával. Hátránya, hogy az emittáló réteg hamar elfogy, cserélni kell, ezért üzemeltetése költséges.

Ultrahangok keltésére más eszközök is használhatók, de a felsoroltak legalkalmasabbak a gyakorlati alkalmazások szempontjából.

7. Az ultrahangok gyakorlati alkalmazásai

Az ultrahangok rendelkeznek mindazokkal a fizikai tulajdonságokkal, amelyek a hallható hangokat jellemzik. A nyálábosíthatóság, a kishullámhosszból eredő sajátosságok következtében sok egyedi, az alkalmazás szempontjából fontos jelenség észlelhető. Az összetartó sugárnyalábban kis térfogatban nagy energiakoncentráció valószínűsíthető meg.

Annak függvényében, hogy az ultrahang hogyan hat a hangtér anyagára, és ezt a hatást hogyan használják fel, beszélhetünk *aktív*, illetve *passzív* alkalmazásról. Aktív az alkalmazás, ha a nagy intenzitású ultrahang megváltoztatja a hangtérben levő anyag szerkezetét, fizikai és vegyi tulajdonságait. A passzív alkalmazás során az aránylag kis intenzitású ultrahang felvilágosítást szolgáltat a hullámterben található testek minőségéről, méretéről és mozgásáról. Az aktív alkalmazásnál legfontosabb a *kavitáció* jelensége.

Kavitáció (üregképződés). *Kavitáció* alatt egy folyadékban lejátszódó jelenségsoport értünk, az üregképződéstől, az üreg összeomlását kísérő lökéshullám kibocsátásáig. Az üregképződést kiváltó ok lehet a folyadék relatív mozgása egy szilárd felülethez képest, ez a hidraulikus kavitáció. Ez az áramló folyadék statikus nyomásának csökkenése folytán keletkezik, ha ez a nyomás kisebb mint a telített gőzök nyomása. Üregképződés jelentkezik, amikor a folyadékban terjedő nagy intenzitású hanghullámok tágulási félperiódusaiban nagy húzó feszültségek lépnek fel. Ez az *akusztikai kavitáció*. Az üregképződést megkönnyítik a szennyező anyagok, például szuszpendált szilárd részecskék, gázok és gőzök jelenléte.

Ultrahangtérben, nagy frekvenciával periodikus nyomásnövekedés, majd csökkenés jelentkezik. A magas frekvencia következtében ez közel adiabatikus feltételek mellett játszódik le. A nyomás növekedésének a félperiódusában az üreg belsejében, több ezer atmoszférai értékű nyomásváltozás jelentkezik, az adiabatikus megközelítés értelmében ez jelentős felmelegedést idéz elő. Ennek következtében nagymértékű hőmérsékletnövekedés észlelhető. Ez ionizálja a gőzöket, ezért az üreg felületén elektromosan töltött részecskék képződnek. A nagy nyomásnövekedés következtében az üreg felületén található szennyező részecskék nagy sebességre gyorsulnak. Ez a jelenség a kavitáció mechanikai hatása. Az anyag minőségétől, és a szennyező részecskék természetétől függően, a kavitáció az ultrahang intenzitásának csak egy küszöbértékénél jelentkezik.

Az ultrahangok aktív alkalmazásainál, az előbbieken ismertetett termikus, elektromos és mechanikai hatásokat használják fel. Annak ellenére, hogy a felsorolt hatások ismertek, nem létezik még a kavitációra vonatkozó egységes elmélet.

8. Az ultrahangok aktív alkalmazása

Az ultrahangok vegyi hatásai. A folyadékokban keltett ultrahangtér számos vegyi hatással rendelkezik. Ezek a vegyi hatások a fizikai körülményektől függően akár ellentétesek is lehetnek, mint az oxidáció és redukció, a szintézis és a felbontás, illetve a polimerizáció és depolimerizáció. Az ultrahangtér jelenléte növeli a vegyi reakciók sebességét, és lehetővé tesz olyanokat is, amelyek az adott nyomáson és hőmérsékleten nem mennének végbe. A felsorolt jelenségek az ultrahangtér megszűnésével leállnak. Egyelőre nem tisztázott, hogy a kavitáció melyik hatása, és hogyan befolyásolja a vegyi folyamatokat.

Biológiai hatás. Megállapították, hogy ultrahangtérben a kis halak elkábulnak, majd elpusztulnak. Észlelték, hogy a mikroorganizmusok feldarabolódnak. A felsorolt jelenségek, akárcsak a vegyi hatások, az ultrahang intenzitásának csak egy küszöbértékénél jelentkeznek. Ez a megállapítás egyértelműen a kavitáció hatására utal. A baktériumok

elpusztulásánál észlelték, hogy az ultrahang akkor a leghatásosabb, amikor a hullámhossz nagyságrendje megegyezik a mikroorganizmus, vagy a baktérium méretével. Ezt a tényt egyrészt a rezonancia alapján lehet magyarázni, de feltételezhető a termikus hatás szerepe is, mivel a kavitáció következtében a hőmérséklet növekedési sebessége meghaladhatja a $10^0 C/s$ értéket. A gyors hőmérséklet növekedés örvényeket kelt, ez a sejten belül a protoplazma gyors mozgását okozza, amely előidézi a sejt feldarabolódását. Továbbá az is lehetséges, hogy a biológiai hatásnál az üregösszeomlást kísérő elektromos jelenségeknek is szerepe van.

Az ultrahangok biológiai hatását széleskörben alkalmazzák az élelmiszerek tartósítására, sterilizálásra. Tapasztalták, hogy az ultrahanggal besugárzott vetőmagok terméshozama két-háromszoros növekedést mutat. Ennek a jelenségnek még nem létezik végleges és egyértelmű magyarázata. Lehetséges, hogy a hőmérsékletnövekedés meggyorsítja a vegyi folyamatokat, másrészt lecsökken a víz viszkozitása, az ozmózis során a sejtfal a vízre mint oldószerre nézve áteresztőbbé válik. Ugyanezzel a hatással magyarázható az a tény is, hogy ultrahang hatására bizonyos gyógyszerek hamarabb szívódnak fel az élő szövetekbe.

A lokálisan alkalmazott, nagyintenzitású és magas frekvenciájú ultrahangnak az emberi szervezetre gyógyító hatása van, főleg reumatikus betegségek esetén. Feltételezik, hogy a lokális felmelegedés mellett nagy jelentősége van az anyagcsere folyamatok felgyorsulásának, amit a víz viszkozitásának a csökkenése idéz elő.

Mechanikai hatás. Tisztítás, vágás, szilárd felületek megmunkálása. Az összeomlási félperiódusban az üregek összeomlásakor rövididejű lökéshullámok keletkeznek, ezek hozzájárulnak a felületet szennyező részecskék eltávolításához, szuszpenziót vagy emulziót képezve belőlük.

Ultrahangos megmunkálás céljából a hullámközegbe éles, aprószemcsés csiszoló anyagot kevernek. Az ultrahangot egy exponenciális tölcser formájú hullámvezetővel a megmunkálandó helyre koncentrálják, a csiszoló anyag az összeomlási félperiódusban nagy sebességgel csapódik a kívánt helyzetű felületre. Ezzel a módszerrel nagy keménységű anyagokat lehet vágni, fúrni, üregelni. Az ultrahangforrás általában magnetosztrikciós generátor, a használt frekvenciatartomány $20 - 30kHz$.

Néda Árpád

Tények, érdekességek az informatika világából

- ☒ A washingtoni Fehér Ház minden munkanapon 40000 levelet kap.
- ☒ A pi értéke 6442450000 tizedes jegyig ismert.
- ☒ A pi értékét 1596 óta használják.
- ☒ Az áramütések 60%-a viharos időben történő telefonbeszélgetés során következik be.
- ☒ A brit királynő, II. Erzsébet 1976-ban küldte el első email üzenetét.
- ☒ Az első elektronikus levelet (email) 1972-ben Ray Tomlison küldte. Szintén az ő ötlete volt, hogy a címzettet egy @ jel válassza el a számítógép nevéttől.