

HISTÓRIA PRENOSU SPRÁV

V pôvodnom názve "oznamovacia elektrotechnika" je skrytý prenos správ, dnes moderne informácií či komunikácií, pomocou elektrických (elektromagnetických) signálov. V staršom veku sa správy (informácie) šírili zvukom alebo opticky. Až v druhej polovici 19. storočia sa objavili zariadenia určené na elektrický prenos správ. Ich rozvoj však podstatne ovplyvnil rozvoj spoločnosti.

Podľa nosných médií, ktoré prenášajú správy v podobe elektromagnetických signálov, môžeme vymedziť dva historické medzníky:

- prenos správ pomocou elektrického signálu, šíriaceho sa vo vodivom vedení (1809 S. T. SÖMMERRING)
- prenos správ voľným priestorom prostredníctvom elektromagnetického vlnenia (1895 A. S. POPOV)

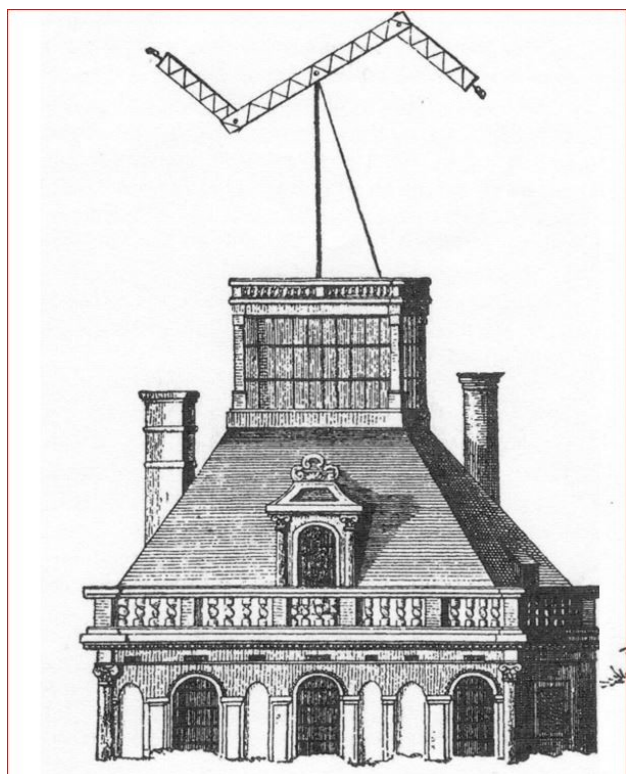
Prvými zariadeniami na elektrický prenos správ bol **telegraf**, neskôr **telefón**. Telegraf bol pôvodne akustický a potom optický. Tzv. drôtový prenos signálov sa objavil až vznikom a rozvojom elektrotechniky.

1. História drôtového prenosu správ

Telegraf

Rýchlosť prenosu informácie mala vždy veľký význam napríklad pri vedení vojen a správ o významných udalostiach. Preto okrem poslov začali mať význam akustické a optické signály. Boli to signály ohňové, dymové, v Afrike medzi domorodcami bubnové. Zároveň vznikali rôzne dômyselné spôsoby pre vznik akejsi veľmi jednoduchej "abecedy" dorozumievania.

Počas napoleonských vojen začal vznikať v roku 1790 **optický semaforový telegraf**, ktorého konštruktérom bol francúzsky inžinier CLAUDE CHAPPE. Telegraf ako slovo vzniklo spojením slov *téle* (vzdialenosť) a *grafein* (písať). Využíval veľké semaforové ramená, ktoré kopírovali ruky vlajkového signalistu (vlajkové signály sa používali v lodnej doprave) a mohli sa natáčať do štyroch polôh. Pohyb ramien sa zabezpečil ramenami a kladkami. Rôzne kombinácie polôh ramien predstavovali "slovník" najčastejších pojmov. Semaforové stanice boli od seba vzdialené 10 km a vzájomne sa pozorovali pomocou ďalekohľadu (ďalekohľad vznikol v roku 1608). Vo Francúzsku sa vybudovala celá sieť Chappeových telegrafov. Spočiatku sa používali pre vojnové a vládne účely, neskôr aj pre verejnosť.



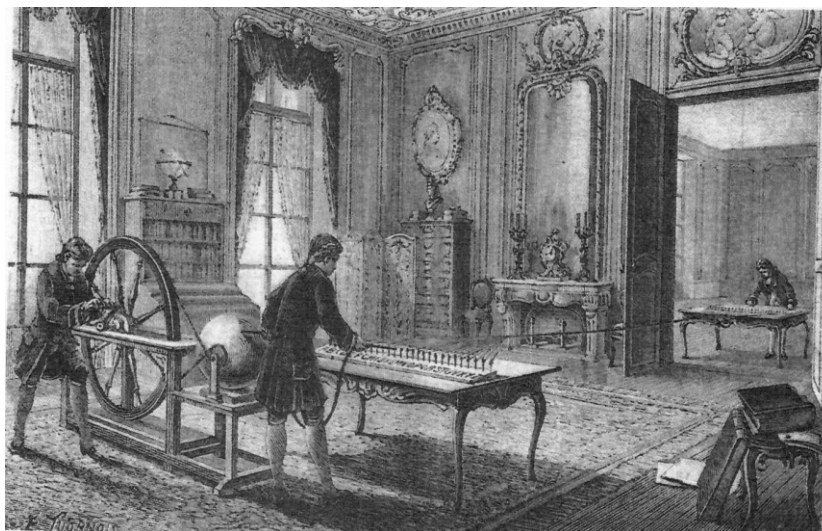
Obr. 1. Chappeova telegrafná stanica z roku 1792. Bola umiestnená na streche jedného z pavilónov v Louvri.

V prvej polovici 19. storočia sa optické telegrafy rozšírili. Dodnes sa v obmedzených prípadoch táto metóda prenosu informácií používa (vlajková signalizácia na mori, železničné semaforey). Na obr. 2 je optický telegraf, ktorý mal 4096 rôznych polôh ramien.



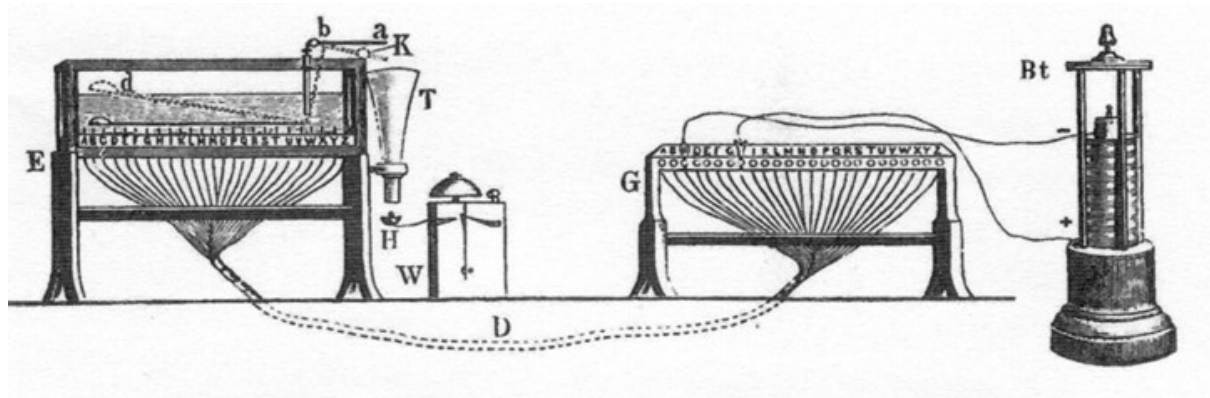
Obr. 2. Optický telegraf používaný v Prusku cca v roku 1830

Prvý **elektrický telegraf** (*Lésangéov*) fungoval na elektrostatickom princípe, no bol prakticky nepoužiteľný a vhodný len na demonštráciu. Navyše bol napájaný z trecej elektriny a nie z galvanického článku. Vysielač aj prijímač boli prepojené množstvom vodičov, pričom každý vodič predstavoval napr. písmeno „abecedy“. Náboj z trecej elektriny bol prenášaný vedením a v prijímači registrovaný elektroskopom.



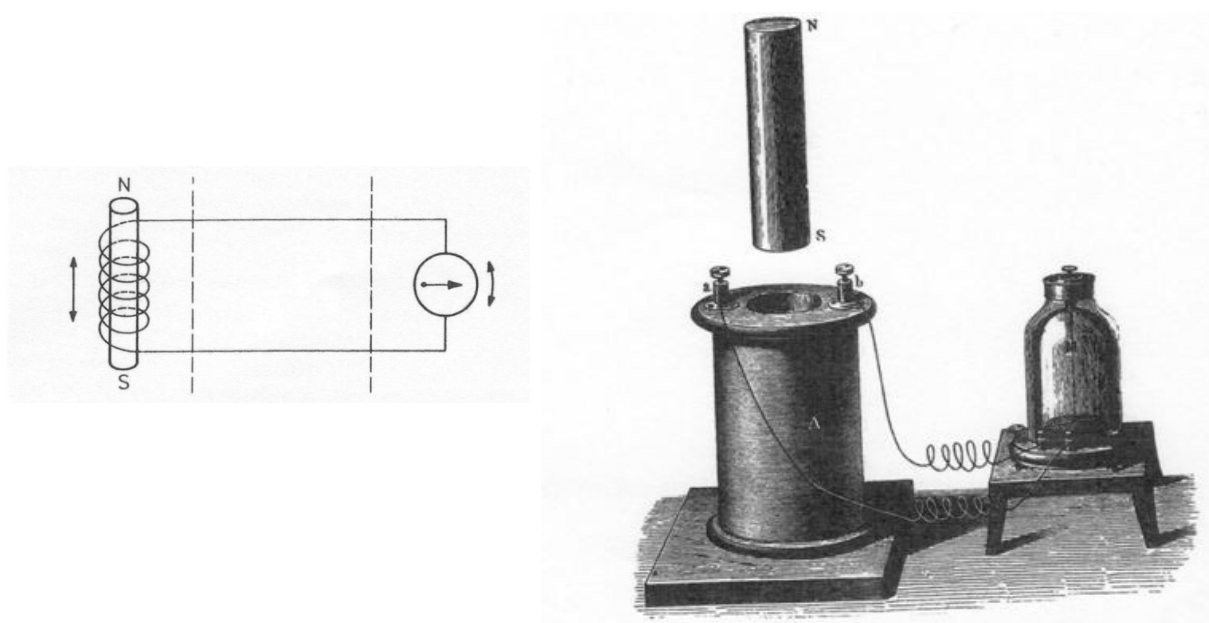
Obr. 3. *Lésangéov* elektrostatický telegraf

Na pokyn bavorského kráľa Maximiliána I. jeho osobný lekár SAMUEL THOMAS SÖMMERRING dostal v roku 1809 za úlohu vytvoriť lepší telegraf, ako bol optický, používaný vo Francúzsku. Za niekoľko týždňov bol zostrojený **elektrolytický telegraf**. Mal 26 spínačov – pre každé písmeno jeden. Z každého spínača šiel cez Voltov stĺp ako galvanický zdroj napätia do prijímača samostatný vodič. Prijímač pozostával z elektród označených písmenami ponorených do okyslenej vody. Zopnutím niektorého spínača sa vo vysielacom sa na elektróde prijímača objavili bublinky vodíka a kyslíka v dôsledku prebehnutej elektrolýzy. Neskôr bol telegraf doplnený signalizačným zariadením, no aj tak sa pre malú telegrafnú rýchlosť a veľký počet vodičov neujal. Bol to však prvý telegraf používajúci elektrické signály.



Obr. 4. Sömmerringov elektrolytický telegraf z roku 1809.

Ďalší typ telegrafu navrhol A. M. AMPÈRE a jeho návrh zrealizovali v roku 1833 C. F. GAUSS a W. WEBER. Vysielačom bola cievka, do ktorej sa rýchlo zasúval permanentný magnet. Tým sa v cievke indukoval kladný alebo záporný napätový impulz. Vznikajúci prúdový impulz sa prenášal vedením a v mieste prijatia bol registrovaný pootočením magnetickej strelky. V tom čase sa magnetka nazývala ihlou - odtiaľ vznikol názov **ihlový telegraf**. Rôzne kombinácie výchyliek predstavovali jednotlivé písmená abecedy. Princíp ihlového telegrafu i jeho praktické vyhotovenie sú na obr. 5. Používal sa na

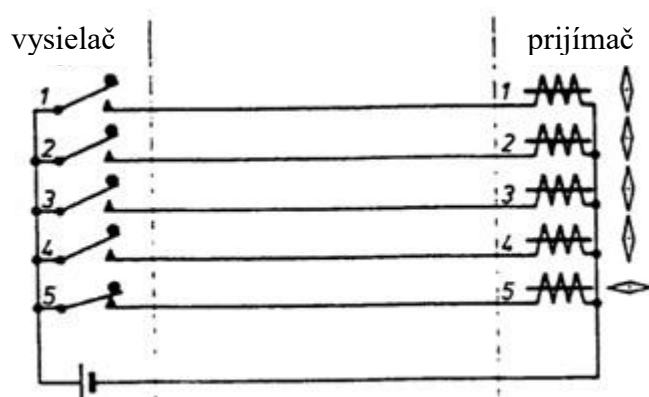


Obr. 5. Gaussov-Weberov ihlový telegraf. Vľavo schéma, vpravo praktické vyhotovenie.

spojenie medzi fyzikálnym kabinetom a hvezdárňou v Göttingene a mal dĺžku niekoľko sto metrov. Taktiež sa v praxi neujal. Podobný prístroj vytvoril v roku 1836 Angličan WILLIAM STURGEON v roku 1836. Ako ihlový prijímač bol vytvorený podkovovitý elektromagnet, ktorý vychyľoval magnetku (Mayer, str. 219).

Neskôr Gaussov žiak a profesor v Mníchove AUGUST STEINHEIL zistil, že **stačí jednovodičové vedenie, druhým vodičom je zem**. Jeho telegraf používal galvanický článok, registrácia signálu sa vykonávala galvanometrom (elektromechanický detektor prúdu). Signál mal dvojakú polaritu. Zariadenie používalo podobnú "abecedu" ako Gaussov-Weberov telegraf. Steinheil sa pokúšal i o zápis prijímaného signálu, no neúspešne - podarilo sa to až S. Morseovi.

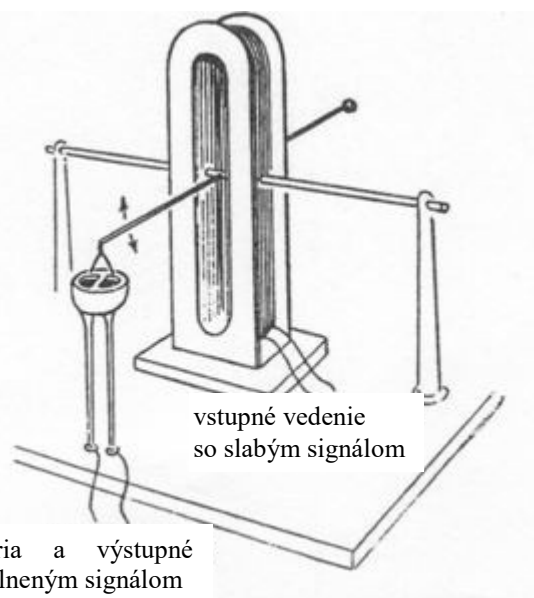
Ďalšiu úpravu telegrafu vykonal P. L. SCHILLING, ruský vyslanec v Mníchove, v roku 1835. Namiesto mnohovodičového vedenia použil iba šesť vodičov - 5 signálnych a 1 spätný. Prijímač tvorilo 5 magnetiek, výchylku každej ovplyvňovala jedna z 5 cievok. Tento systém umožňoval $2^5 = 32$ kombinácií polôh magnetiek. Systém bol jednosmerný, takže pri vysielaní cievkou prúd buď



pretekal (akási logická 1) alebo nie (logická nula). Na vylúčenie vplyvu zemského magnetizmu boli použité dvojité magnetky navzájom opačne polarizované. Telegraf bol postavený v Petrohrade (spájal budovu Admirality a Zimný palác), no väčšie použitie taktiež nezaznamenal.

Obr. 6. Schillingov šesťvodičový ihlový telegraf z roku 1835 - princíp činnosti. Vysielač v tomto prípade vytvára kombináciu výchyliek 11110.

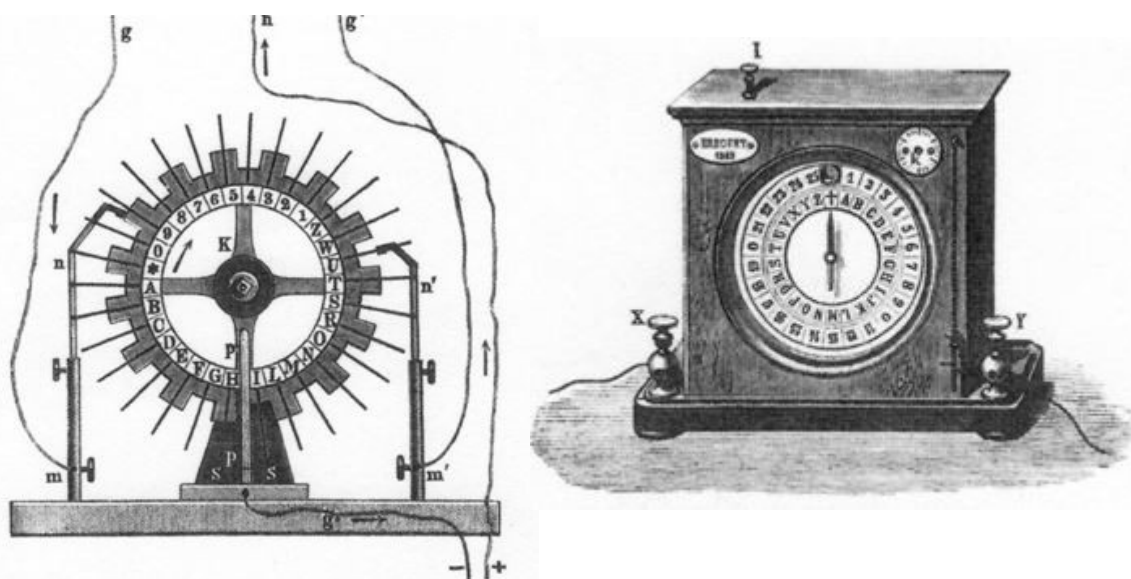
Tieto systémy mali nevýhody i v tom, že s rastúcou dĺžkou vedenia klesala citlivosť prijímača. Pri dlhom vedení bol už prúd v prijímači príliš malý a nedal sa spoľahlivo merať. CHARLES WHEATSTONE vyvinul v roku 1837 z tohto dôvodu prvý "zosilňovač prenášaného signálu" v podobe ortuťového relé. Výchylky magnetky ovplyvňovanej cievkou vstupného vedenia sa prenášali na kontakty, ktoré sa ponárali do nádoby s ortuťou. Tým sa pripojil v blízkosti relé umiestnený zdroj napätia do ďalšej časti vedenia, ktorým sa zosilnený impulz dostal do ďalšej časti prenosovej trasy.



miestna batéria a výstupné vedenie so zosilneným signálom

Obr. 7. Wheatstoneovo ortuťové relé (1837) používané ako zosilňovač prenášaných signálov.

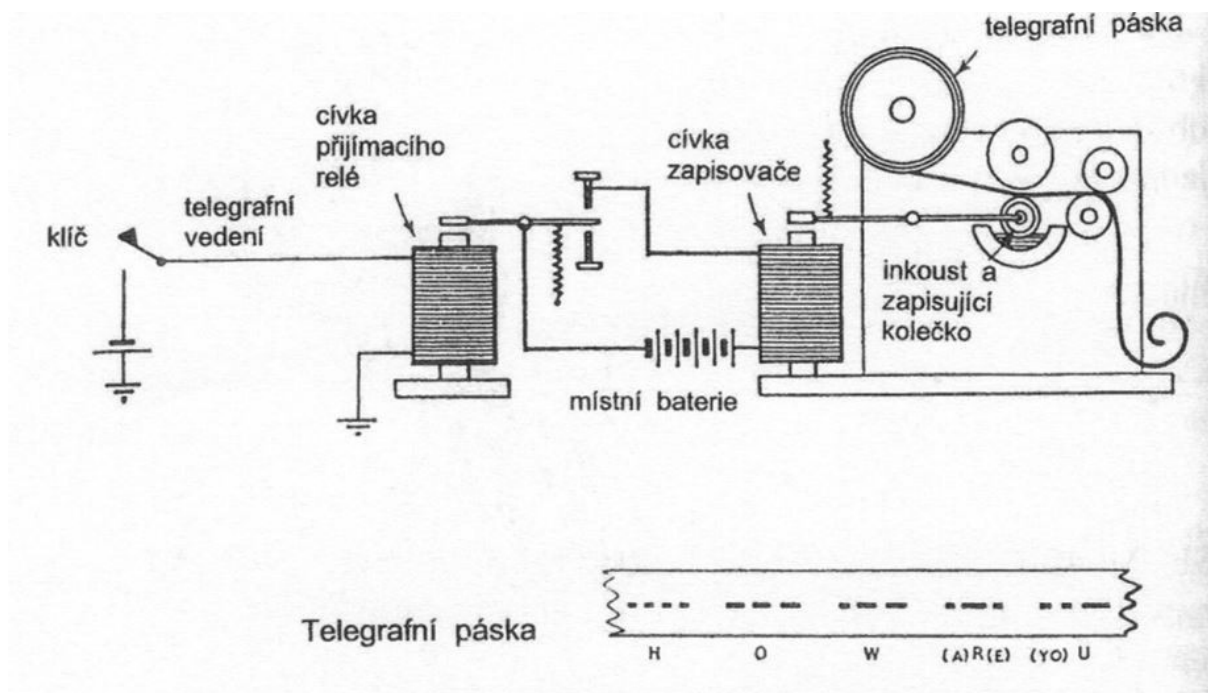
Prenos správ prenášaných telegrafmi bol spomaľovaný aj zložitým kódovaním, ktoré kládlo veľké nároky na vysielanie i prijímanie kombinácií impulzov. Jeden z prvých telegrafov, v ktorom odpadlo kódovanie i dekodovanie signálov, navrhol študent anatómie na univerzite v Heidelbergu Angličan WILLIAM COOKE. Nápady na zdokonalenie telegrafu ho natoľko zaujali, že zanechal štúdium a v roku 1836 navrhol niekoľko typov telegrafov. Nemal však dostatok znalostí z elektrotechniky a realizácia nápadov sa mu nedarila. Na podnet M. Faradaya sa obrátil na profesora Wheatstonea. Spolu v rokoch 1837-1845 zostrojili rôzne telegrafné systémy. Prvý z nich pripomínal Schillingov ihlový telegraf s piatimi magnetkami. V roku 1840 získali patent na **ručičkový telegraf**, vyvinutý už v roku 1839, obsluhu ktorého zvládla aj nekvalifikovaná osoba. Na vysielaci sa jednoducho nastavil ukazovateľ na príslušné písmeno alebo číslicu a prijímač automaticky ukazoval prenášaný znak. Prijímač a vysielateľ boli spojené tromi vodičmi. Neskôr tento systém zdokonalil napríklad W. Siemens v roku 1847, ale i mnohí ďalší. Aj ručičkový systém si však vyžadoval na strane vysielateľa a prijímateľa prítomnosť obsluhy.



Obr. 8. Ručičkové telegrafy. Vľavo Wheatstoneov (1839) a vpravo zdokonalený prijímač Bréguetov (1849). Používal sa na francúzskych železniciach.

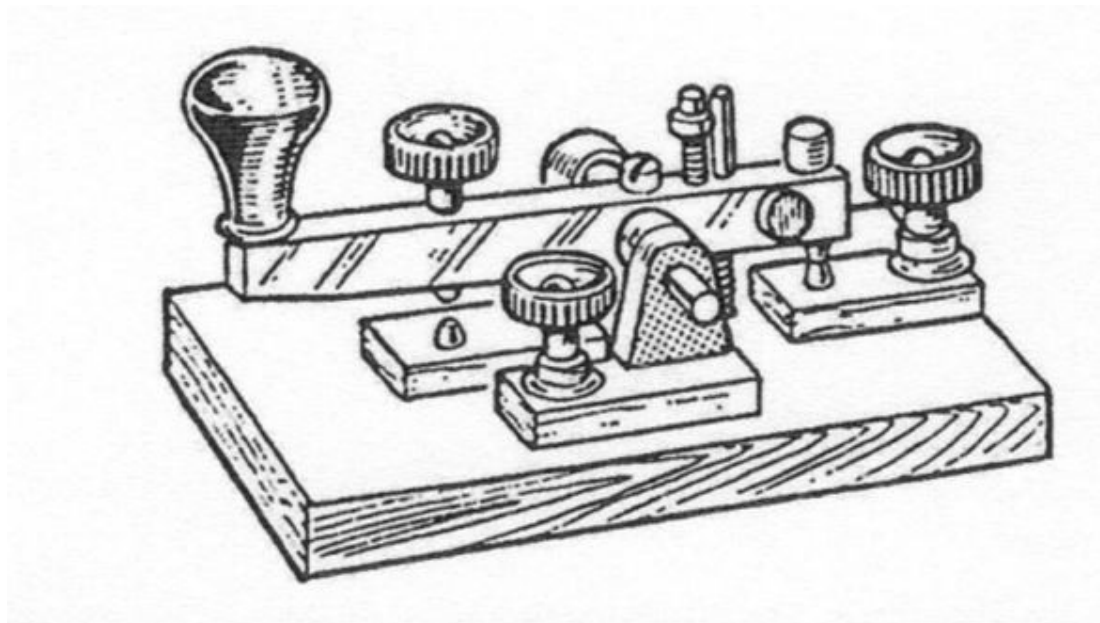
V roku 1841 zostrojil Wheatstone za spolupráce a podpory obchodného manažéra W. Cookea **zapisovací telegrafný prístroj**. Používal sa v britských železniciach. Avšak tento systém bol postupne vytlačený systémom, ktorý vytvoril pôvodne maliar obrazov Američan SAMUEL FINLEY BREESE MORSE (1791-1872), ktorý zanechal maľovanie a najmä spoluprácou s významným elektrotechnikom J. Henrym získal rad skúseností. Na objavy v elektromagnetizme ho upozornil pri plavbe loďou z Európy do Ameriky A. Vaile, s ktorým potom v roku 1837 si dali patentovať **telegrafný prístroj, ktorý prevádzal záznam telegrafného signálu na pásik papiera**. Morseov telegraf bol predvedený v roku 1837 a prenášal správy na vzdialenosť 1700 stôp. S finančnou podporou amerického Kongresu postavil Morse v roku 1844 pokusné telegrafné spojenie Washington-Baltimore (64 km).

Princíp Morseovho telegrafu je založený na elektromagnete zapisovača, priamo alebo prostredníctvom zosilňovacieho relé pripojeného na telegrafné vedenie. Podľa impulzov vysielaných kľúčom vysielateľa do vedenia priťahuje cievka elektromagnetu zapisovača hrot, ktorý vyrýval do papierovej pásky telegrafné značky. Tento systém bol "ryci". Neskôr vznikol prístroj *farbopisný*, kotva cievky zapisovača ovláda kotúčik namáčaný do atramentu, ktorý značku potom naniesie na papierovú pásku (obr. 9).

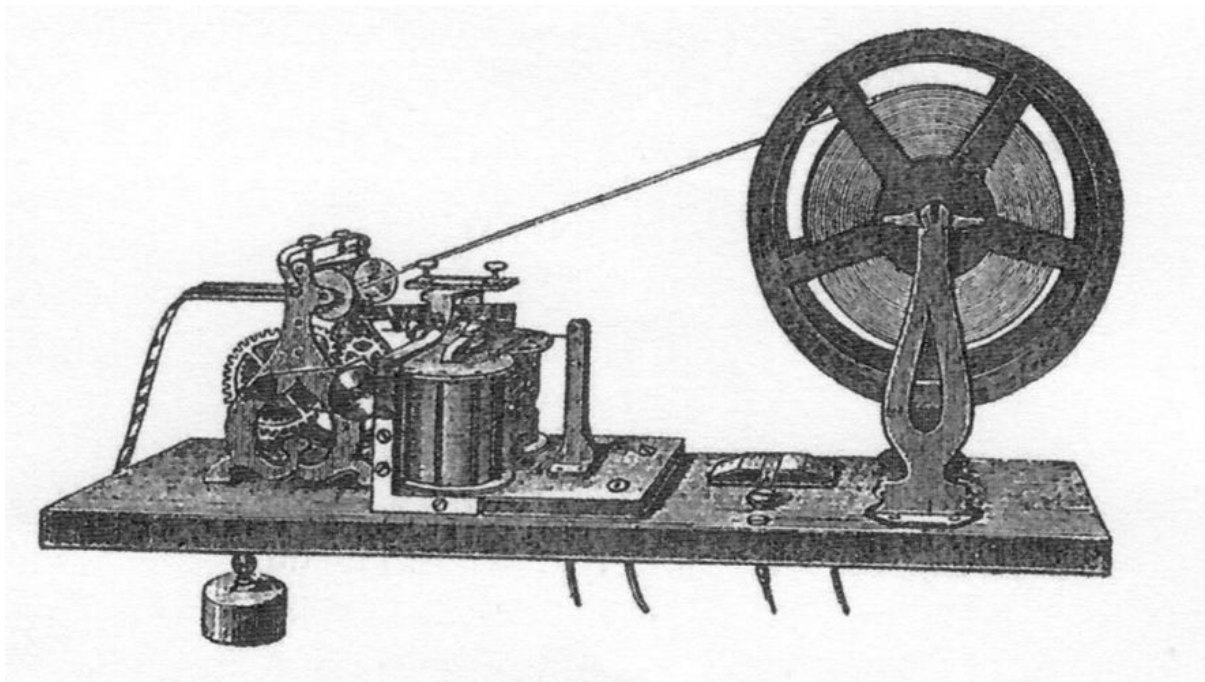


Obr. 9. Schéma farbopisného Morseovho telegrafného prístroja z roku 1843, kde je znázornený vysielač (klíč) aj prijímač-zapisovač (prevzaté z knihy D. Mayera).

V roku 1843 vypracoval Morse systém kódovania písmen a čísiel v podobe kombinácií čiarok a bodiek, pričom najčastejšie sa vyskytujúce znaky v angličtine mali kód jednoduchý, menej často používané mali kód zložitejší. Na báze anglického jazyka prijala Svetová telegrafná spoločnosť v roku 1865 medzinárodnú **Morseovu abecedu**. Telegrafista dokázal za minútu odvysielať až 120 znakov. Zručný pracovník dokázal identifikovať znaky na strane prijímača už aj sluchom podľa klopkania Morseovho prijímača - nepotreboval ani zapisovač. Na obr. 10 je znázornený **telegrafný kľúč**, používaný na strane vysielača.



Obr. 10. Telegrafný kľúč Morseovho telegrafu.



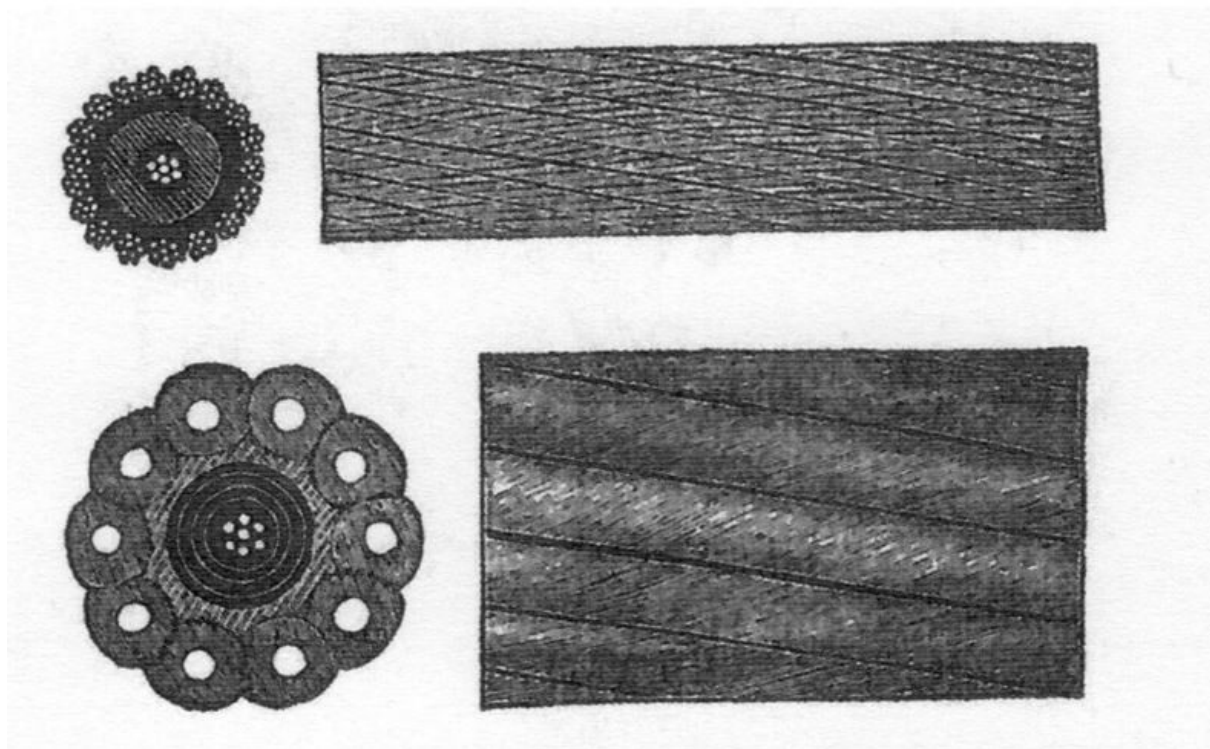
Obr. 11. Morseov telegrafný prijímač z roku 1843.

Morseov telegraf sa veľmi rýchlo rozšíril v Amerike i Európe na spojenie medzi mestami, pre potreby armády, vlády i železníc. Možno sa o tom dočítať v rôznych historických prameňoch. Súkromné telegramy sa výrazne spoplatňovali.

Ďalší vývoj telegrafu spočíval v návrhu prístroja, ktorý by nahradil človeka pri zložitom kódovaní a dekódovaní - **d'alekopolis**. Čiastočne to splňali ručičkové telegrafy, no nezanechávali po sebe písomný záznam. V roku 1855 anglický fyzik D. E. HUGHES úspešne zostrojil d'alekopolis, v roku 1884 Francúz E. BAUDOT ho zdokonalil do podoby používanej až cca do roku 1960 (2000 slov za minútu). Pozostával z dvoch synchronne sa otáčajúcich typových kolečiek s vyrytými znakmi a prúdový impulz vo vhodnom okamihu pritlačil papierový pás na kolečko prijímača. Kolečká vysielača i prijímača museli mať, samozrejme, rovnakú polohu (museli byť izochrónne).

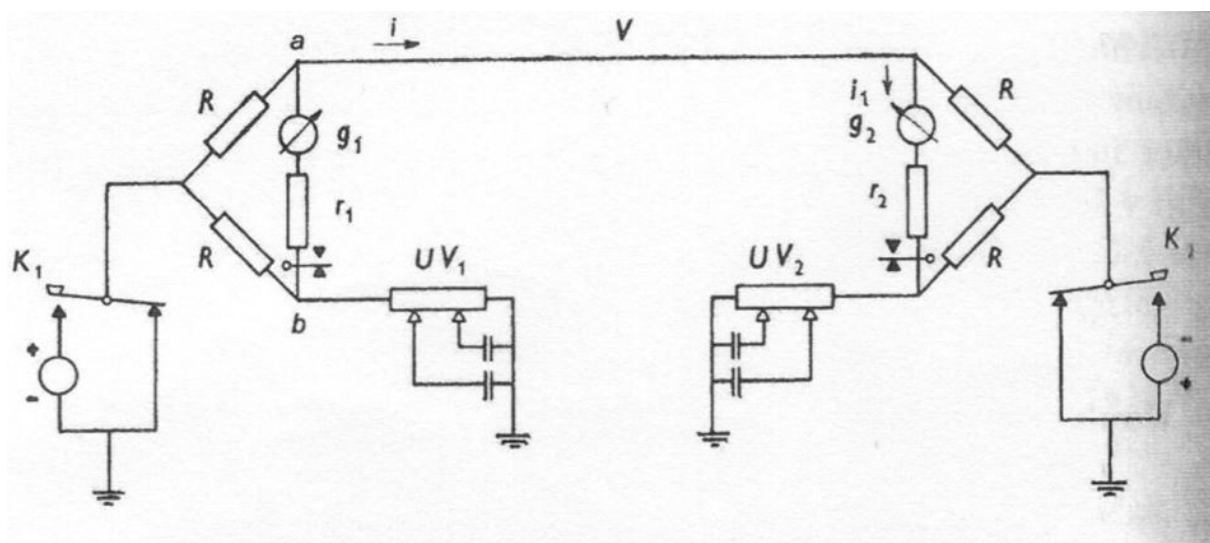
Najdrahšou súčasťou telegrafu boli **káblové vedenia**. Do ich vývoja rozhodujúcou mierou vstúpil zakladateľ nemeckého elektrotechnického priemyslu WERNER von SIEMENS. V roku 1847 zdokonalil ručičkový telegraf, začal ho vyrábať a získal tak kapitál na svoje ďalšie podnikanie. V roku 1847 zostrojil spolu s mechanikom Halskem **lis na izolovanie medených vodičov pomocou izolantu - gutaperče**. (Gutaperča je zaschnutá mliečna šťava zo stromu zvaného gutaperčovník. Podobá sa na prírodný kaučuk. Pri 20° Celzia je pomerne tuhá, i keď krehká, ale pri 50°C mäkkne a dá sa tvarovať. Dnes sa už ako izolácia v kábloch používa zriedkavo.) Tak dokázal vyrobiť veľmi odolné káble, ktoré mohli byť položené i na dne riek a morí, lebo boli vodotesné. Najskôr boli používané v telegrafoch v Nemecku. Prvý telegraf bol na vzdialenosť 645 km (Berlín-Frankfurt). V roku 1852 dostáva od cárskeho Ruska objednávku na 1100 km vedenie Varšava - Kronštadt a neskôr i ďalšie. V Petrohrade dokonca založil továreň na káble, dnes elektrotechnická továreň Elektrosila, ktorú viedol jeho brat Karl. V roku 1859 boli bratia Werner a Wilhelm Siemens menovaní poradcami anglickej vlády pre podmorské káble. V roku 1866 bol po mnohých pokusoch položený cez Atlantický oceán natrvalo funkčný podmorský kábel (dĺžky 3500 km). Projekt bol vedený Williamom Thomsonom. Bol napájaný napätím asi 1000V a ležal v hĺbke až 3,5

km. Až do roku 1931 sa používalo telegrafné spojenie z Anglicka do Indie (11 000 km), ktoré realizoval Wiliam von Siemens. Prenos správy ním trval 28 minút. Telegrafné spojenie sa vytváralo 2 roky. O živote a diele W. Siemensa existujú mnohé historické diela, a ako vieme, jeho činnosť sa neobmedzila len na výrobu káblov a telegrafných prístrojov.



Obr. 12. Káble vyrobené v Siemensovej továrni z roku 1858 a 1865.

Vo vývoji telegrafov stojí za pozornosť ešte úsilie zvýšiť počet prenášaných informácií prenášaných jediným vedením. Jedným z tzv. **duplexných telegrafov** bol telegraf vyvinutý O. HEAVISIDEOM v roku 1873. Jeho schéma je na obr. 13.



Obr. 13. Schéma Heavisideovho duplexného telegrafu

Neskôr Heaviside vyvinul **kvadruplexný telegraf**. Umožnil v každom smere vysielat' po dve správy.

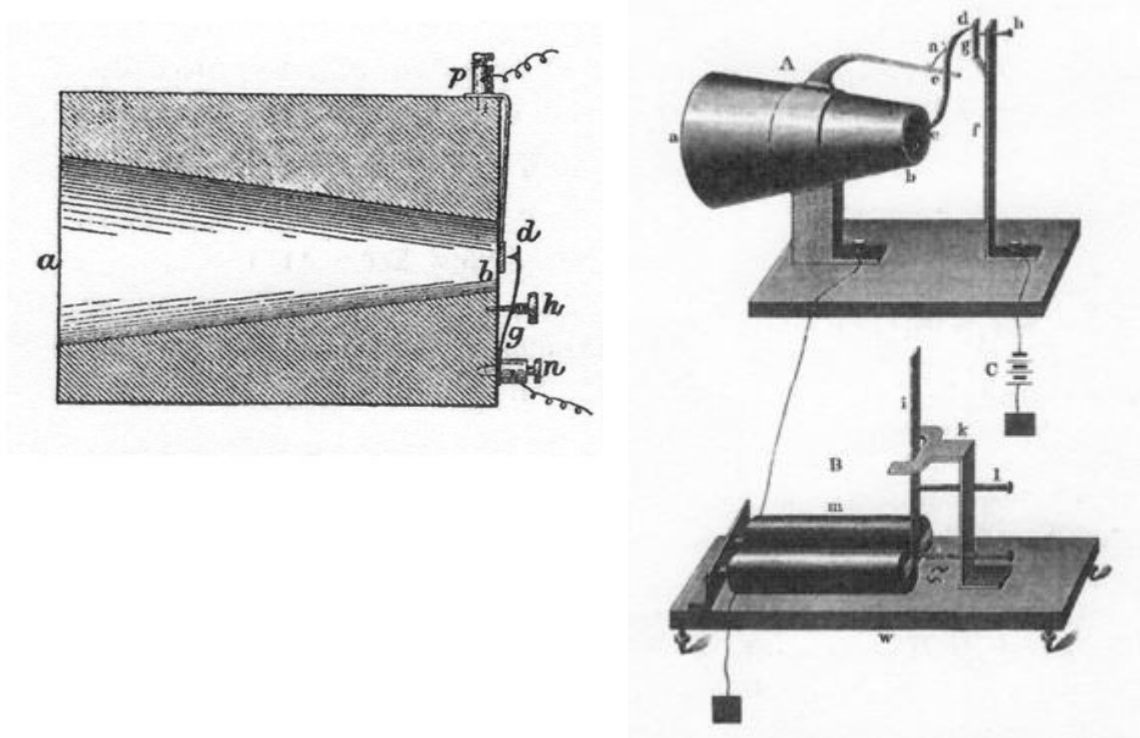
Dnes sú prenosové kapacity vedení podstatne vyššie. Napríklad "optické káble" dokážu preniesť naraz vyše 4000 telefonických hovorov.

Telefón a záznam zvuku

Diaľkovým prenosom reči alebo aspoň zvuku pomocou šírenia elektrických signálov vo vedeniach (drôtoch) sa začali elektrotechnici zaoberať až po objave javu elektromagnetickej indukcie a vzájomného silového pôsobenia vodičov prúdu a magnetov. V zásade šlo o to, ako premeniť akustický signál na elektrický. Napríklad v USA sa prenosom zvuku pomocou elektriny zaoberal C. G. PAGE v roku 1837. Vysielačom bola membrána, ktorú rozkmitávali akustické vlny, pričom membrána prerušovala prúd tečúci vedením. Prijímač bola železná tyčka vložená do cievky, pripojenej na vedenie. Tým, že sa prúd v cievke prerušoval, tyčka sa rozochvieval v dôsledku magnetostricie (zmeny objemu pod vplyvom magnetického poľa). Zariadenie síce zvuk prenášalo, ale s veľkým skreslením, takže na prenos hovoreného slova nebolo použiteľné.

V roku 1852 v Prahe profesor FRANTIŠEK ADAM PETŘINA zostrojil "elektromagnetickú harmoniku". Prístroj však bol schopný prenášať len jednotlivé tóny, nie však ľudský hlas. Podrobnosti sa okrem novinového článku nezachovali.

Prvý funkčný telefón sa pripisuje nemeckému učiteľovi JOHAN PHILIP REISovi v roku 1862 (Frankfurt). Od neho pochádza i názov *telefón*. Vysielač bol akusticko-elektrický prevodník. Bol vytvorený z dreveného kvádrika s kuželovitou dutinou. Na dne dutiny bola kovová membrána spojená s nedokonalým platinovým kontaktom. Kmitaním membrány sa mení prechodový odpor tohto kontaktu, a tým sa mení prúd vo vedení prechádzajúci prijímačom. Prijímačom bol elektromagnet. Chvenie priťahovaného jadra sa zosilňovalo rezonančnou doštičkou.



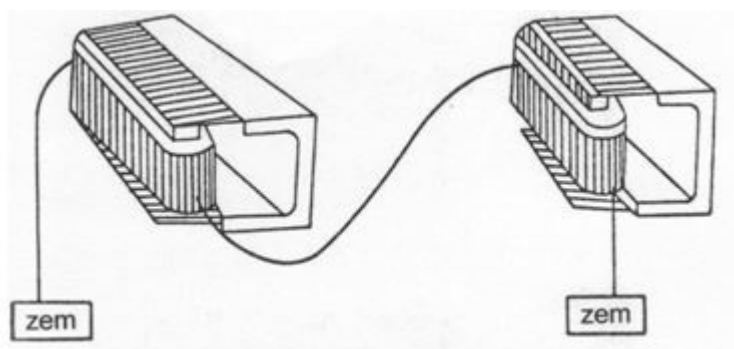
Obr. 14. Reisov akusticko-elektrický prevodník a celkové usporiadanie Reisovho telefónu.

Reisov telefón však nezbudil pozornosť a pretože Reis zomrel 40-ročný, nestihol ho lepšie spropagovať ani zdokonaľiť.

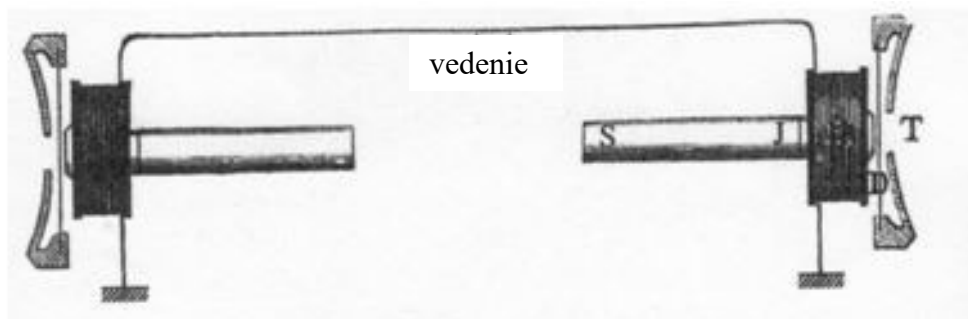
Uvádza sa, že v Taliansku podobný systém, ako vytvoril Page, skonštruoval Antonio Neucci a vo Francúzsku Charles Bourseul, neboli však dostatočne funkčné.

Do histórie telefónu nezmazateľne vošiel dátum 14. februára 1876. V tento deň dve hodiny po sebe priniesli patentovú prihlášku funkčného telefónu ELISHA GRAY z Chicaga a ALEXANDER GRAHAM BELL z Bostonu. Zrejme o sebe nevedeli a nevedeli asi ani o Reisovom telefóne. Grayova prihláška mala formálne chyby, takže bola vrátená na doplnenie. Patent bol takto priznaný len Bellovi ako vynálezcovi telefónu, hoci vznikol kvôli tomu patentový spor, ktorý nebol nikdy doriešený. Jeho poradcom bol známy J. Henry.

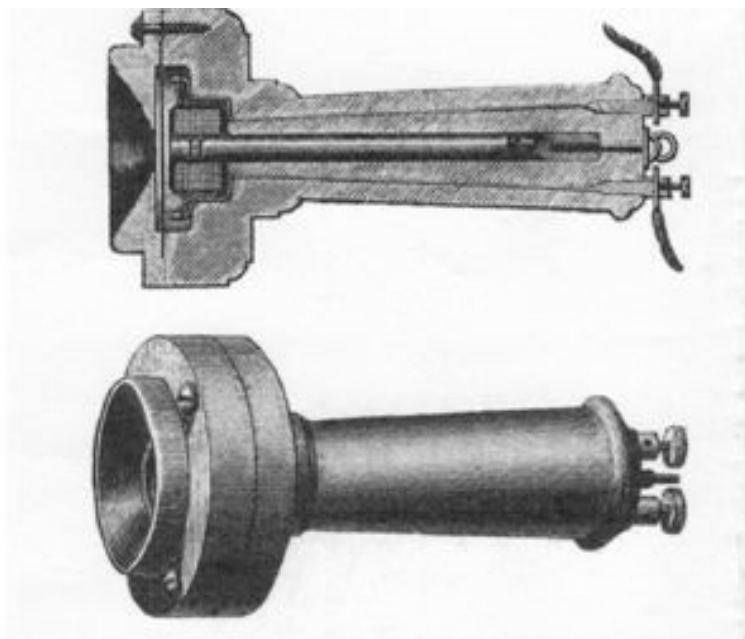
Bell bol motivovaný tým, že jeho priateľka (potom i manželka) bola hluchonemá. V tom čase bol učiteľom v ústave pre hluchonemých. Vytvoril teda "**harmonický telegraf**" s rezonančnými jazýčkami rôznej dĺžky, a teda i rezonančnej frekvencie. Jazýčky boli umiestnené v cievke elektromagnetu a chvením indukovali v nej prúdy rôznych kmitočtov. Prúdy potom cez cievku prijímača rozkmitávali jazýčky prijímača. Podobne funguje jazýčkový kmitomer. "Mikrofón" i "slúchadlo" boli teda vlastne identické. Toto riešenie vytvoril už v roku 1874. Neskôr Bell **nahradil jazýčky oceľovou membránou** (1876) ako akustoelektrickým prevodníkom, a až tento systém predložil ako patent. Prístroj nepotreboval napájanie, signál vznikol elektromagnetickou indukciou. Prenos bol možný na vzdialenosť asi 3 km.



Obr. 15. Princíp Bellovho telefónu (harmonického telegrafu) z roku 1874.



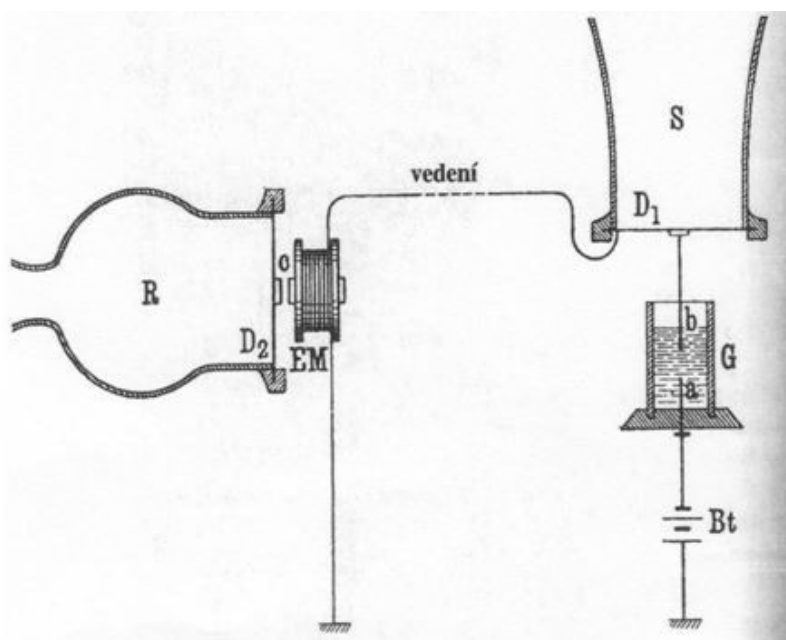
Obr. 16. Schéma Bellovho telefónu z roku 1876. Slúchadlo i mikrofón fungujú na princípe akustoelektrického prevodníka (obr. 17) a systém nepotreboval vonkajší zdroj napätia



Obr. 17. Rez Bellovým akusticko-elektrickým prevodníkom (slúchadlo a taktiež mikrofón).

O Bellov telefón nebol spočiatku záujem. Bol iba akosi fyzikálnou hračkou. Britský poštový úrad jeho vynález odmietol, pretože "Angličania si správy odovzdávajú pomocou malých chlapcov, ktorí roznášajú listy medzi adresátmi". Až na svetovej výstave vo Philadelphii v roku 1876 si vynález všimol brazílsky cisár, ktorého sprevádzal lord Kelvin. Tým dostal zrazu telefón pozornosť a vedenie výstavy ho odmenilo zlatou medailou.

V **Grayovom telefóne** bolo slúchadlo principiálne rovnaké ako Bellovo, malo však navyše rezonančnú dutinu (na obr. 18 označenú ako *R*). Vysielač mal kvapalinový mikrofón. V lieviku *S* bola vložená membrána, spojená platínovou drôťkovou elektródou *b* ponorenou do sklenenej nádoby s vodivým roztokom. Kmitmi membrány sa menila hĺbka ponorenia elektródy, tým sa menil odpor a teda aj prúd vo vedení. Grayov systém bol napájaný batériou a vraj dokázal preniesť hovorené slovo a hudbu na vzdialenosť 457 km.



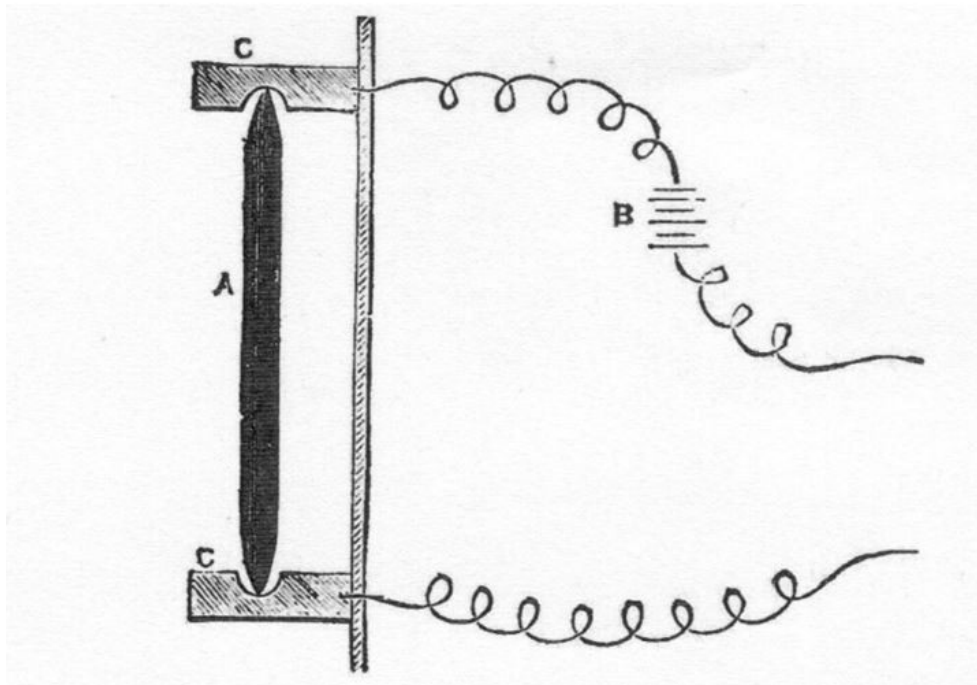
Obr. 18. Schéma Grayovho telefónu z roku 1876

Vážnym problémom Bellovho telefónu bolo to, že umožňoval telefónny prenos len na malé vzdialenosti. Samotný prijímač (elektro-mechanický prevodník, obr. 17) mal v zásade požadované vlastnosti (a v zásade sa používa dodnes), ale vysielač (mikrofón) pracujúci na podobnom princípe ako prijímač (t. j. bez vonkajšieho zdroja napätia) nedával dostatočný signál a mal veľký útlm už na malé vzdialenosti. Prúd vznikajúci pri kmitaní membrány vysielača len v dôsledku javu elektromagnetickej indukcie bol totiž príliš malý.

V roku 1877 podal T. A. EDISON patent na **uhlíkový mikrofón**. Fungoval na princípe nedokonalého "plošného" kontaktu medzi uhlíkovou a platinovou platničkou (mala funkciu membrány chvejúcej sa pod vplyvom dopadu akustického vlnenia). Kmitmi membrány sa menil odpor elektrického okruhu (telefónneho vedenia), napájaného vonkajším zdrojom napätia (galvanickým článkom) v dôsledku zmien prechodového odporu medzi uhlíkovou a platinovou platničkou. Do vedenia sa tak dostával už dostatočne veľký prúdový signál, ktorý bolo možné prenášať aj v dlhších vedeniach. Tým sa výrazne zvýšila kvalita i hlasitosť prenášaného hovoru. Slovo "Haló" vtedy Edison použil údajne ako prvý v histórii.

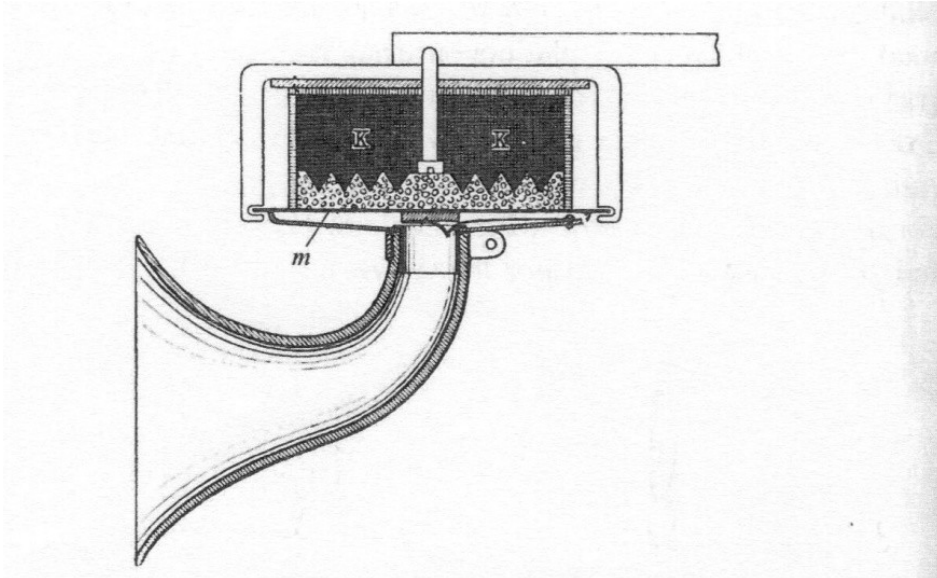
Je iste zaujímavé, že v Bratislave sa prvý telefónny hovor uskutočnil už v roku 1877.

Edisonov mikrofón zdokonalil Angličan DAVID E. HUGHES v roku 1878 (obr. 19). Mal pomerne slušnú citlivosť. Uhlíková tyčinka A zahrotená na koncoch bola ľahko uložená vo dvoch vodivých podperách C, pripojených k rezonančnej doske. Jej chvením pod vplyvom meniaceho sa akustického tlaku vzduchu sa menil prechodový odpor tohto akusticko-elektrického prevodníka. Vedenie bolo napájané galvanickým článkom B, a teda dynamicky sa meniaci prúdový signál bol nielen dostatočne veľký, ale v dôsledku výraznejších zmien hodnôt prechodového odporu "bodových kontaktov" uhlíkovej tyčinky a podpier v porovnaní s Edisonovým "plošným" kontaktom boli aj zmeny v okamžitej hodnote prúdu výraznejšie. Hughes tiež zaviedol pojem *mikrofón*.



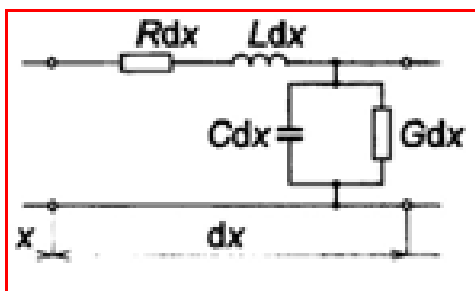
Obr. 19. Hughesov uhlíkový mikrofón z roku 1878.

Namiesto uhlíkových tyčínok sa neskôr začali používať uhlíkové zrná, na ktoré bola priložená membrána. Tým sa počet bodových nedokonalých kontaktov zväčšil a citlivosť mikrofónu sa zvýšila. Na obr. 20 je jeden z takýchto mikrofónov - zostrojil ho BERLINER v roku 1887. Medzi uhlíkovým valčekom so zárezmi (K) a uhlíkovou membránou m sú umiestnené uhlíkové zrná.



Obr. 20. Berlinerov uhlíkový mikrofón (1887).

Ďalší rozvoj telefónnych sietí a vedení sa sústredil i na vlastnosti samotného prenosového vedenia. Ako sme už uviedli v inej kapitole, významnú korekciu do neúplnej teórie dlhých vedení vypracovanej W. Thomsonom (lordom Kelvinom) vykonal O. HEAVISIDE v roku 1881. Kelvinov model rozšíril o zvodovú vodivosť G a o indukčnosť pripadajúcu na jednotku dĺžky vedenia L (obr. 21). Heaviside odvodil dodnes používanú **telegrafnú rovnicu**, ktorá je v podstate vlnovou rovnicou s konečnou rýchlosťou šírenia signálu s uvažovaním tzv. útlmu, súvisiacemu so stratami prenášanej energie. Heaviside ďalej dokázal, že napätia (aj prúdy) vo vedení možno považovať za akési vlnové funkcie, vznikajúce superpozíciou priamej a od konca vedenia odrazenej vlny.

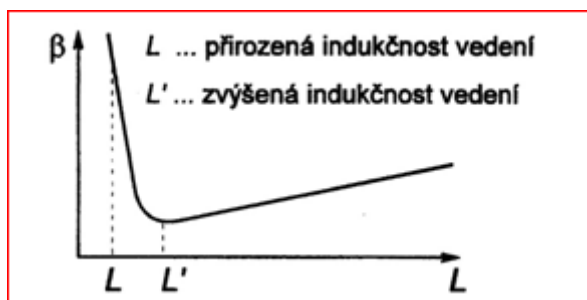


Obr. 21. Heavisideov model dlhého vedenia (náhradná schéma dĺžkového elementu vedenia).

Teoretickým rozborom sa ukázalo, že

- a) jednotlivé frekvenčné zložky signálu sa šíria vo vedení rôznou rýchlosťou (disperzia)
- b) jednotlivé frekvenčné zložky majú rôzny útlm.

Tým vzniká **skreslenie prenášaného signálu**, takže sa zhorší zrozumiteľnosť prenášanej reči. Skreslenie rastie s dĺžkou vedenia.



Obr. 22. Závislosť útlmu vedenia β na jeho indukčnosti

O. Heaviside ukázal, že skreslenie možno potlačiť, ak sa vedenie navrhne s parametrami tak, aby platilo

$$\frac{L}{R} = \frac{C}{G}$$

Prakticky sa možno tejto podmienke priblížiť tým, že sa na určitých vzdialenostiach (napr. 2 km) zaradí do vedenia indukčnosť vhodnej veľkosti (obr. 22).

V roku 1899 Pupin (pôvodom Srb) (ale predtým zrejme aj G. A. Campbell z Bellovej telefónnej spoločnosti) vecne aj finančne využil Heavisideove poznatky. Začal zaraďovať do vedenia cievky s Fe jadrom v určitých vzdialenostiach ("**pupinácia**" telefónnych vedení). Pupinácia priniesla americkým telefónnym spoločnostiam obrovské zisky. V Európe začali



takto upravovať telefónne vedenia až v roku 1921 (f. Siemens & Halske). V zásade sa používali káblové telefónne siete, v USA aj vzdušné vedenia. **Telefónne ústredne aj káblové siete** boli na oboch stranách Atlantiku najprv mestské, neskôr medzimestské. Najprv boli obsluhované **ručne**, ale v roku 1889 zostrojili A. STROWGER a W. STROWGER **prvú automatizovnú ústredňu**.

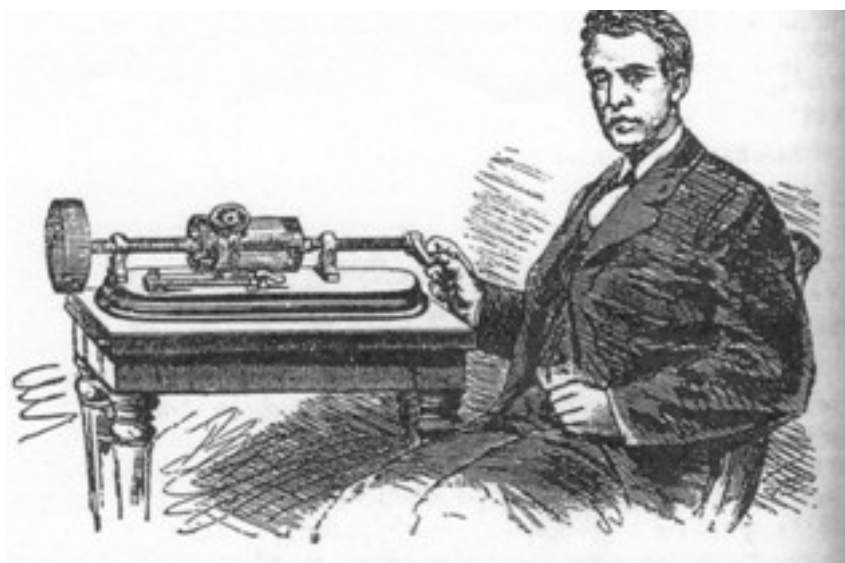
Obr. 23. Telefónna ústredňa v Paríži (1880).

Obr. 24. Telefónny prístroj z roku 1902.



Cena trojminútového hovoru bola napr. na medzimestskom spojení Praha-Viedeň v roku 1889 taká veľká, že za tú istú cenu sa dalo kúpiť 200 kg uhlia aj s dovozom.

Prvé zariadenie na vytvorenie **mechanického záznamu ľudskej reči i hudby** vzniklo v roku 1877. Dostalo názov **fonograf**. Jeho vynálezcom bol T. A. EDISON. Je to zrejme jeho najväčší vynález, na ktorom pracoval sám. Prvý model predstavoval "hĺbkový" záznam zvuku. Ostrý hrot rýpal do rýchlo sa pohybujúceho voskového papiera a tým sa hĺbkovo zaznamenávali zvukové kmity, dopadajúce na membránu. Pred membránou bol lievik na koncentráciu zvukových vln. O pár mesiacov už používal na záznam zvuku valček, do ktorého hrot vyrýval "hĺbkový" záznam zvuku. Hrot sa posúval pomocou skrutkového prevodu rovnobežne s osou valčeka; valček dĺžky 10 cm s priemerom 5,4 cm so zotrvačnikom bol otáčaný kľukou ručne (120 ot/min.). Podobne sa realizovalo "prehrávanie". Samozrejme, záznam bol nedokonalý a prehrávaním sa rýchlo opotreboval. Valček bol medený, potiahnutý staniolom, neskôr Edison použil voskový valček.



Obr. 25. Edison so svojím fonografom.

Rýchlosť otáčok i rozmery valčeka sa časom menili. Ale fonograf vyvolal aj veľmi kontroverzné nálady - bol prijímaný s nadšením, ale aj nedôverou. Edison bol dokonca označený za bruchomlvcu. V roku 1888 Edison predal zdokonalený fonograf za pol milióna dolárov spoločnosti North American Phonograph Co.



Obr. 26. Edisonov fonograf z roku 1909.

V roku 1886 A. G. BELL si dal patentovať iný typ fonografu ("**graphophone**") poháňaného nožnými pedálmi podobne, ako šijací stroj. G. BETTI získal v roku 1889 patent na prídavné zariadenie, ktorým sa dosiahla lepšia reprodukcia - "**Micro_Phonograph**". Vytvoril tiež nahrávky významných spevákov a hercov.

V roku 1900 už existovali **hudobné automaty**. Nahrávanie valčekov bolo veľmi prácne, každý valček bol originál, takže sa vyrábalo naraz až 12 valčekov. Spevák musel nahrávku mnohokrát za deň opakovať. V roku 1908 Edison vyvinul pevnejší materiál valčekov, tzv. *Amberol*, v ktorom drážky záznamu boli hustejšie a dĺžka nahrávky sa zmenila z 2 minút na 4 minúty. Zároveň bolo objavené **galvanoplastické rozmnožovanie valčekov**. Valčeky sa používali až do roku 1929, hoci v roku 1887 Američan nemeckého pôvodu E. BERLINER vynášiel **gramoplatňu** a začal vyrábať "doskový" fonograf. Emile Berliner si patentoval zvukovú "dosku" v roku 1887. Svoj prístroj nazýval *Phonograver* (názov gramofón sa rozšíril až oveľa neskôr - bolo to meno anglickej továrne, ktorá gramofóny vyrábala). Záznamový materiál bola kruhová zinková doska potiahnutá voskom, do ktorej sa záznam rýpal irídiovým hrotom. Zvuková stopa sa potom vyleptala do zinkového podkladu v kyselinovom kúpeli.

Tieto "gramoplatne" sa však začali vyrábať neskôr (1894), lebo dovtedy nebol o ne záujem. Vtedy Berliner založil továreň na gramofóny a vytvoril i nahrávacie štúdio. Z originálu sa galvanoplasticky (elektrochemickým vylučovaním kovu na povrchu formy) vytvorila matrica, čo bola Cu doska potiahnutá vrstvičkou Ni. Táto matrica sa vtláčala do vulkanizovanej gummy, neskôr sa lepšie osvedčil namiesto gummy šelak (prírodná živica vyrobená z výlučkov hmyzu, odolná voči kyselinám.) Šelak sa používal na výrobu gramoplatní až do roku 1950, potom sa začali robiť vinylové (polyvinylchlorid) platne.

Od r. 1904 sa vyrábali gramoplatne s obojstranným záznamom.

Takmer súčasne s vývojom systémov mechanického záznamu zvuku sa objavila aj idea **magnetického záznamu zvuku**. Prvý návrh predložil Američan OBERLIN SMITH v roku 1888. Nosičom záznamu by podľa jeho návrhu mohol byť oceľový drôt, ktorý by bol priečne magnetizovaný prúdmi modulovanými mikrofónom. Drôt by sa postupne posúval a tak by sa vytvoril "dĺžkový" záznam zvuku.

Prvý reálny model vytvoril v roku 1898 Dán Valdemar POULSEN. Zostrojil **prístroj na nahrávanie telefónnych hovorov** (*Telegraphon*). Používal valček podobne, ako to bolo v Edisonvom fonografe, ale na valčeku bol husto navinutý oceľový drôt s priemerom 0,5 mm. Drôtu sa pri prehrávaní záznamu dotýkal magnetický snímač - predchodca magnetofónovej hlavy. Neskôr Poulsen prístroj zdokonaľoval tak, že pod snímačom sa pohyboval drôt prevíjaný z cievky na cievku, použil jednosmernú predmagnetizáciu atď. Ale záznam nemal takú kvalitu, aká sa dosahovala vo fonografoch.

V roku 1930 filový producent BLATTNER vytvoril *Blattnerphon*, v ktorom nosičom magnetického bol oceľový pásik šírky 3 mm posúvaný rýchlosťou 1,5 m/s. Záznam bol už zosilňovaný elektrónkovým zosilňovačom a mal už dobrú kvalitu. Používal sa na ozvučenie filmov, ale najmä v rozhlasových štúdiách až do asi roku 1940.

V roku 1928 drážďanský fyzik FRITZ PFLEUMER použil namiesto ťažkého oceľového pásika ľahký a lacný papierový prúžok s aktívnou vrstvou železného prachu. V roku 1935 bol papierový prúžok nahradený magnetickým pásikom: jeho podložku tvorila plastická hmota, na ktorej bola nanosená feromagnetická vrstva z kysličníku železa Fe_2O_3 a kysličníka chrómu CrO_2 . Ako plastická hmota nosiča kysličníkovej vrstvy sa použila acetylcelulóza, potom polyvinylchlorid (PVC) a neskôr polyester. Vtedy vznikol názov **Magnetophon**. Páska však mala vysoký šum, čo sa v roku 1945 podarilo odstrániť zavedením

vysokofrekvenčnej predmagnetizácie. Magnetický záznam bol **analogový** (= signál, ktorý je spojitou funkciou času).

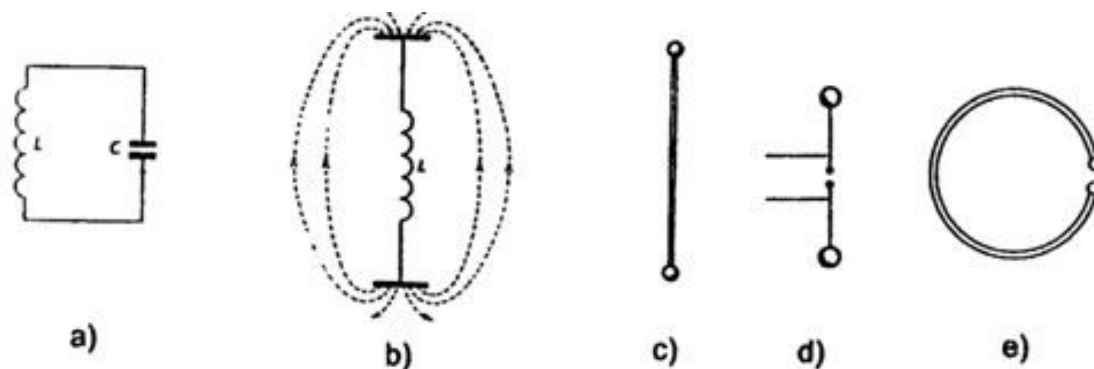
V roku 1960 vznikli prvé magnetofónové kazety. V roku 1975 sa začal používať **digitálny záznam**. Je to prevod spojitého signálu do číselných tvarov vzorkovaním a rozlišovaním vzoriek. Dnes sa realizuje napríklad **na CD nosiči, čítaný je opticky**. Má vysokú životnosť a vysokú kvalitu reprodukcie.

2. História bezdrôtového prenosu správ.

Rádiotelegrafia

Bezdrôtový prenos využíva prenos informácií alebo údajov elektromagnetickým vlnením. Jav teoreticky predpovedal J. C. Maxwell v rokoch 1864-65. Jeho existenciu dokázali v roku 1888 H. Hertz vo voľnom priestore a O. Lodge v metalických vedeniach. H. Hertz taktiež dokázal, že toto vlnenie sa šíri podobne ako svetlo a platí preň zákon odrazu a lomu.

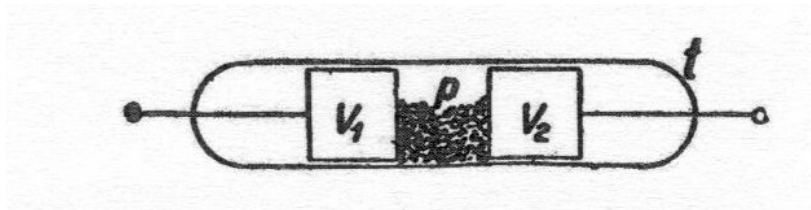
Základom prenosu signálov boli Hertzove pokusy s otvoreným kmitavým LC obvodom (obr. 27a, b). (Pre rezonančnú frekvenciu LC oscilátora platí Thomsonov vzorec). Pôvodne Hertz používal ako vysielateľ iskrište (Ruhmkorfov induktor) a ako prijímač prstencový rezonátor (otvorená slučka s guľovými elektródami vzdialeným 5 mm). Prstencový rezonátor je v skutočnosti rezonančný obvod s kapacitou a indukčnosťou. Na prstencovom rezonátore preskakovali iskry, ktoré boli najväčšie pri vhodných rozmeroch prstenca (ak bol vysielateľ i prijímač v rezonancii - elektromagnetické kmity mali rovnakú frekvenciu). (V skutočnosti v dôsledku odporu vodičov boli však oscilácie tlmené, čiže mali konečnú dĺžku trvania.) Na obr. 27 je v bode d) naznačený podstatný Hertzov krok - konštrukcia otvoreného rezonátora, ktorý do okolia šíri elektromagnetické rozruchy.



Obr. 27. Princíp Hertzových pokusov so šírením elektromagnetických rozruhov. a) uzavrený rezonančný obvod s cievkou a kondenzátorom - ak na kondenzátor privedieme náboj, vzniknú elektromagnetické oscilácie, ktoré sa uskutočňujú v uzavretom okruhu b) otvorený kmitavý obvod so znázornením elektrických siločiar šíriacich sa v jeho okolí, c) jednoduchý Hertzov dipól, d) Hertzov dipól s iskrišťom, e) prstencový rezonátor - jeho rozmermi sú určené kapacita a indukčnosť prstenca. Slúžil ako "prijímač" - detektor elektromagnetických rozruhov. Medzi guľôčkami preskakovali iskry, pozorovateľné za tmy lupou.

Ako sme uviedli v predošlých kapitolách, prstencový rezonátor bol ako spoľahlivý detektor prijímaného signálu málo citlivý. V roku 1894 OLIVER LODGE zistil, že kontaktný elektrický odpor drôtika dotýkajúceho sa kovovej dosky sa mení pod vplyvom dopadajúcich elektromagnetických rozruhov. Tento poznatok využil EDUARD BRANLY, parížsky

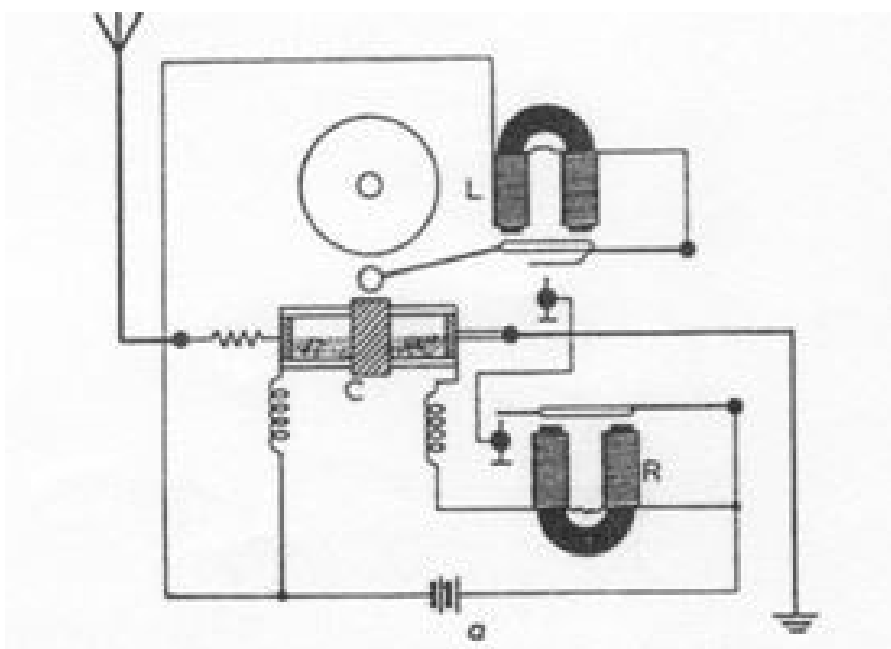
profesor fyziky, ktorý zostrojil na detekciu elektromagnetických rozruchoch tzv. **koherer**. (Vlnenie sa dá definovať ako proces šírenia rozruchoch).



Obr. 28. Branlyho koherer. V sklenej trubičke s vnútorným polomerom 4 mm sú umiestnené dva kovové valčeky V_1 a V_2 . Medzi nimi sú vložené jemné kovové piliny p zo zmesi niklu a striebra. Ak koherer pripojíme na zdroj napätia, má veľký odpor a tečie ním malý prúd. Ak na koherer dopadne elektromagnetická vlna (rozruch), medzi zrnčkami pilín dochádza k mikroskopickým výbojom, takže jeho odpor poklesne a kohererom začne tiecť veľký prúd. Ak ho pripojíme na elektrický zvonček, začne zvonieť. Poklopkaním na koherer (napr. klopádlom pripojeným k zvončeku) jeho odpor znova stúpane.

Neskôr boli vyvinuté i iné detektory elektromagnetických rozruchoch. Sám Hertz nepredpokladal, že by sa jeho objavy dali využiť na prenos telefónneho hovoru. Objavili sa snahy prenášať bezdrôtovo aspoň Morseovu abecedu a bolo treba nájsť spoľahlivý prijímač impulzov.

Jedným z prvých elektrotechnikov, ktorí sa zaoberali využitím elektromagnetického vlnenia, bol ALEXANDER STEPANOVICH POPOV (1852-1906), profesor matematiky a fyziky v Kronštate (neďaleko Petrohradu, dnes Sankt Peterburg v Rusku). Poznal Hertzove pokusy, robil experimenty s kohererom a v roku 1895 zostrojil **prístroj na registráciu atmosférických výbojov** - hlásič búrok (*grozootmetčik*). Jeho schéma je na obr. 28. Tento prístroj indikoval do vzdialenosti 30 km blesky, ktoré vytvárali elektromagnetické rozruchoch.



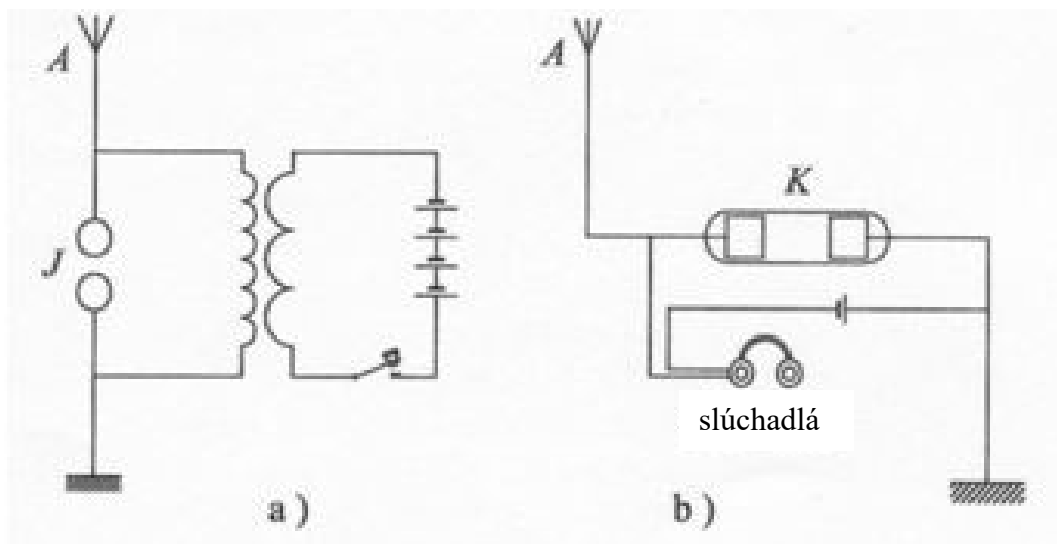
Obr. 28. Popovov "hlásič búrok" - prístroj na registráciu atmosférických výbojov. Palička signálneho zvončeka pri spätnom pohybe klepnutím na koherer zvýšila jeho odpor. Tak bolo zariadenie pripravené na príjem ďalšieho impulzu. Zvonček bol spínaný pomocou elektromagnetického relé. R = relé, C = koherer, L = zariadenie na "nulovanie" koherera.

Hlásič búrok Popov predviedol v Petrohrade 7. 5. 1895 na zhromaždení Ruskej fyzikálno-chemickej spoločnosti. 8. 5. 1896 O rok neskôr (8. 5. 1896) v Petrohrade predviedol **prvé rádiotelegrafické spojenie**. Použil vysielač s iskrišťom. Do iskrišťa zapínal prúd v rytme Morseových značiek. Prijímač doplnil zapisovačom telegrafných značiek. Rádiogram preniesol na vzdialenosť 250 m. Obsahoval meno Heinricha Hertza. Neexistuje však žiadny písomný či obrazový záznam z tohto pokusu, existovalo len svedectvo niektorých prítomných osôb. Popov neskôr používal vynález na prenos správ na mori (1899 záchrana stroskotanej lode...) a nedal si nič patentovať. 7 máj sa v niektorých krajinách oslavuje ako "deň rádia". Je však nepochybné, že Popov svoj prvý experiment s prijímačom elektromagnetických rozruchoch uskutočnil pred Marconim aj Teslom.

Významným priekopníkom v oblasti bezdrôtovej telegrafie bol GUGLIEMO MARCONI (1874-1937). Otec bol Talian, matka Írka. Nedokončil štúdium v Bologni. Poznal však Maxwellovu teóriu. Vedel aj o Hertzových pokusoch. Ako 21-ročný začal robiť pokusy. Tlačidlom prerušoval v transformátore prúd na primárnej cievke. Sekundárna cievka bola napojená na Hertzov oscilátor. Staval rôzne antény a stále zväčšoval vzdialenosť medzi vysielačom a prijímačom. Dokonca dosiahol prenos signálu na 3 km. Pretože v Taliansku o to nebol záujem, odišiel 22 - ročný do Londýna. Tam sa napojil na W. Preeceho, riaditeľa poštovej a telegrafnej správy. (Tento pán bol známy tým, že popieral Heavisidov poznatok o znížení útlmu v telegrafnom vedení, ak sa zapojí indukčnosť do vedenia).

V roku 1896 podal Marconi patent *Zdokonalenie prenosu elektrických impulzov a príslušné prístroje*. 1897 sa vrátil do Talianska, ale už vtedy vedel nadviazať bezdrôtové spojenie na 20 km! Používal vysielače a prijímače najmä v námornej doprave. Založil s pomocou Preeceho firmu *Marconi Wireless Company*. Samozrejme, spočiatku sa stretol vo verejnosti s nedôverou.

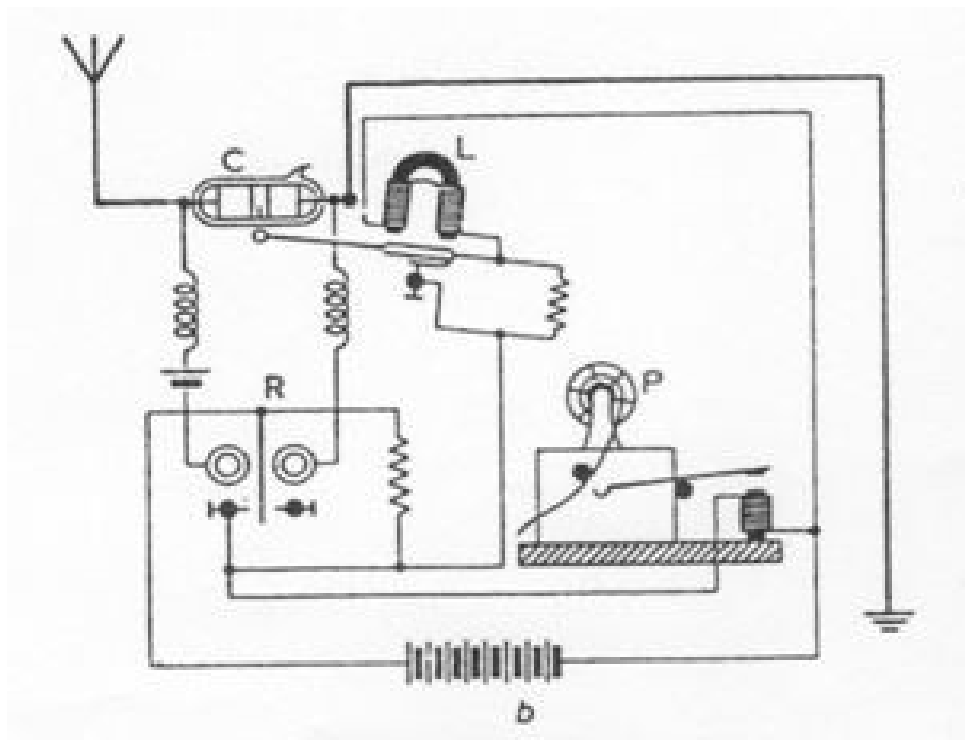
V roku 1899 však pomocou signálu S. O. S. prispel k záchrane potápajúcej sa lode. To ho preslávilo po celom svete. V tom istom roku urobil prvé spojenie cez kanál La Manche.



Obr. 29. Prvé Marconioho prístroje (1895) - schémy zapojenia. a) vysielač b) prijímač. Antény A boli drôty, ktoré vo vzduchu udržiavali papierové šarkany. K je koherer.

12. 12. 1901 zrealizoval rádiové spojenie medzi Anglickom a Kanadou (3680 km!). Prenos bol na dlhých vlnách, anténa vysielača mala 60 vodičov, napnutých medzi dvoma stožiarimi s výškou 50 m. Preniesol písmeno S morzeovky (tri bodky). Samozrejme výrobcovia podmorských káblov sa zúrivo snažili potlačiť rozvoj rádiotelegrafie, ale

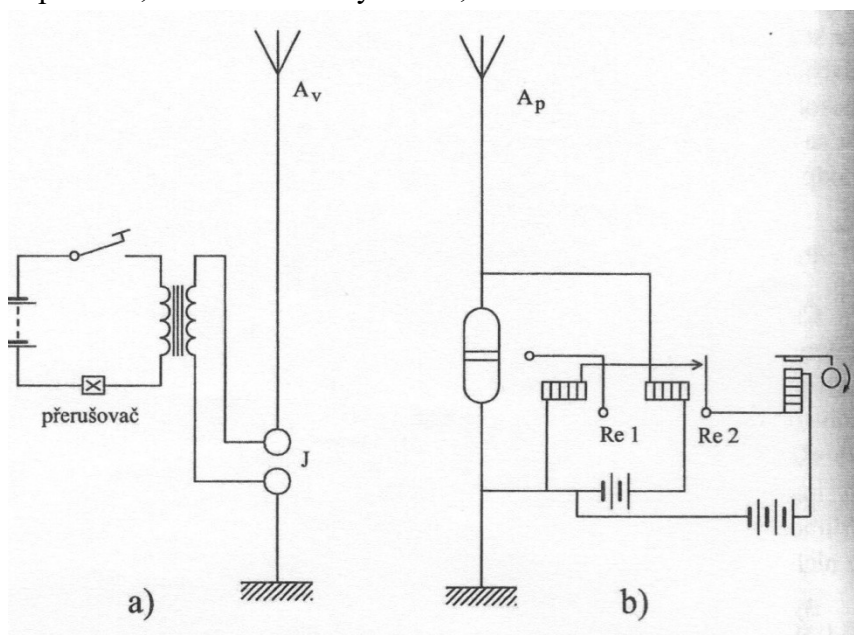
márne....Marconiho prístroje mali pôvodne 3 základné prvky: Hertzov oscilátor, Branlyho koherer a Morseov telegrafný kľúč. Prijímač bol veľmi podobný na Popovov systém (obr. 30).



Obr. 30. Marconiho prijímač.

Marconiho anténa bola "štvrtvlnová" na rozdiel od Hertzovej, ktorá mala dĺžku polovice elmag vlny. Je to lepšie vidno z obr. 29: jedna svorka Hertzovho dipólu bola uzemnená a druhá napojená na anténu. To isté urobil aj s anténou, napojenou na koherer.

Na prelome 19. a 20. storočia sa používala **iskrová telegrafia**, to jest v podstate impulzová, na báze tlmených vln, s veľkou šírkou frekvenčného spektra, takže ich bolo



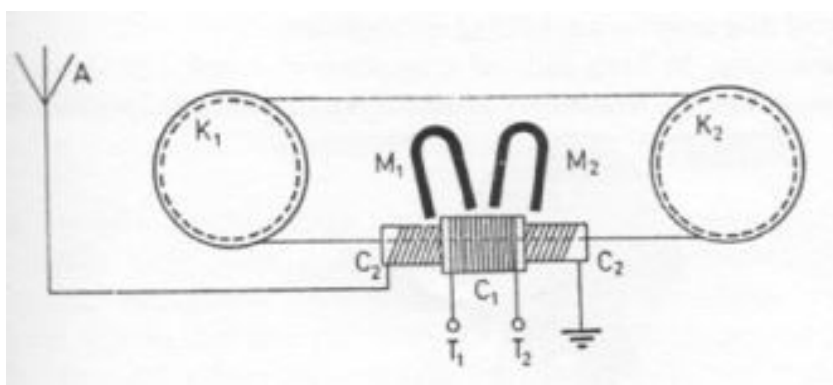
možné ľahko zachytiť akýmkoľvek prijímačom, bez vzájomného naladenia na určitú frekvenciu. To bolo výhodné v námornej doprave pri volaní lodí o pomoc (1911 Titanic).

Obr. 31. Iskrová telegrafná stanica. a) vysielač b) prijímač.

Oscilátor vysielача bol budený Ruhmkorffovým induktorom. Je to v podstate transformátor, ktorým možno vybudit' iskru s dĺžkou napríklad 10 cm. Prerušovač v pravidelných intervaloch prerušuje okruh primárnej cievky, čím magnetickou indukciou vznikajú na sekundárnej strane iskry na iskrišti J (obr. 31). Podľa dĺžky stlačenia kľúča umiestneného v primárnom vinutí na iskrišti vznikne príslušný počet iskier zodpovedajúci buď čiarke alebo bodke. Detekcia čiarok a bodiek prebieha v prijímači podobne, a to pomocou slúchadiel, ku ktorým bol paralelne pripojený kondenzátor. Ten vlastne "filtroval" vysokofrekvenčné zložky signálu, takže telegrafista počul tón v dĺžke, zodpovedajúcej počtu iskier za časovú jednotku. Medzi tónmi bola samozrejme prestávka, takže telegrafista mohol identifikovať čiarky a bodky, ktorými bola zakódovaná Morseova abeceda. Výkonnosť systému sa dala dosahovať napríklad zladovaním obvodov vysielача a prijímača na rovnakú frekvenciu (do rezonancie), ale aj zväčšovaním antény a zvýšením výkonu vysielача.

Od iskrových výbojov (čo boli vlastne tlmené vlny) sa prechádzalo neskôr ku generátorom **nosnej netlmenej vlny**. Tento spôsob používal napríklad Poulsenov generátor, využívajúci elektrický oblúk, alebo vysokofrekvenčný synchronný alternátor, vyžadujúci si však veľmi rýchlobežné stroje na ich pohon (až 20 000 ot/min.), takže frekvencia vlny bola rádovo stovky kHz. Toto riešenie však malo nemalé konštrukčné problémy.

Marconi namiesto koherera v prijímači neskôr používal **magnetický detektor** s vnútornou a vonkajšou cievkou a dvoma synchronne sa točiacimi kotúčmi spojenými oceľovým lankom. Kotúče poháňal hodinový strojček. Permanentné magnety zmagnetizovali drôt. Impulz z antény do vnútornej cievky drôt odmagnetizoval, čím sa na vonkajšej cievke indukovalo napätie (impulz), ktorý sa registroval slúchadlami. Detektorom sa dali zapisovať signály aj na pásik papiera.



Obr. 31. Marconiho magnetický detektor. Na svorkách T_1 a T_2 sa pripájali slúchadlá.

J. C. Maxwell predpovedal priamočiare šírenie elmag vln (najmä vo vákuu). **Preto sa zdalo nemožné, aby sa vlny šírili pozdĺž zakriveného povrchu Zeme.** O. HEAVISIDE a A. E. KENNELLY však v roku 1902 nezávisle od seba ukázali, že to možné je. Vplyvom UV žiarenia dochádza v horných vrstvách atmosféry k ionizácii atómov plynov, vznikne ionosféra, ktorá je vodivá, takže podobne ako povrch vodiča odráža (ale samozrejme i pohlcuje) elmag vlnenie. V roku 1909 dostal Marconi Nobelovu cenu za fyziku spolu s Braunom, objaviteľom katódovej trubice (predchodkyňa TV obrazovky). Neskôr sa však Marconi stal priateľom a stúpencom diktátora Mussoliniho....

Poznámka.

Marconi síce bol zrejme veľký vedec, ale jednoznačne mu nemožno prisúdiť všetky zásluhy o založenie rádiatelegrafie. Je nepochybný jeho prínos pre realizáciu rádiatelegrafie v praxi.

Veľké zásluhy má aj A. S. Popov a N. Tesla. V roku 1943 americký súd zrušil niektoré Marconiho patenty s odôvodnením, že obsahujú už 10 rokov pred Marconim podané Teslove patenty. Tesla používal netlmené dlhé vlny, Marconi a Popov iskrište s krátkymi vlnami. Tesla taktiež uzemňoval anténu a prvé pokusy robil už v roku 1891. Marconi prehral patentový spor aj s J. Murgašom, ktorý vytvoril v roku 1904 "tónový" systém rádiotelegrafie. Namiesto čiarok a bodiek zaviedol kombinácie vyššieho a nižšieho tónu, čo zvyšovalo prenosovú rýchlosť, no nepoužívalo Morseovu abecedu.

Do skupiny priekopníkov rádiotelegrafie patrí NIKOLA TESLA, ktorý sa vynálezcoch striedavých elektrických strojov a rozvodných sústav prestal zaoberať silnoprúdovou elektrotechnikou a začal sa zaoberať prenosom energie elektromagnetickým poľom "na diaľku". Tesla pracoval s netlmenými dlhými nosnými vlnami, generovanými synchronnými alternátormi alebo rotačnými prerušovačmi. V 90. rokoch 19. storočia vybudoval v New Yorku vysielač s dosahom 40 km. V roku 1897 začal stavať v Colorade rádiostanicu s výkonom 200 kW. Mala mať dosah 1000 km. Výška antény bola 70 m. V roku 1900 začal budovať **Svetový bezdrôtový systém** (na Long Islande staval 57 m vysokú vežu s 20 m širokou polguľovou anténou *Wardencliff* s výkonom 1500 kW! V roku 1901 však práce zastavil, nemal financie. G. Marconi ho vtedy predbehol pri praktickej realizácii rádiotelegrafu (uskutočnil spojenie medzi Anglickom a Kanadou v decembri 1901 v pásme dlhých vln).



Obr. 32. Teslova vysielačka Wardencliff z roku 1901.

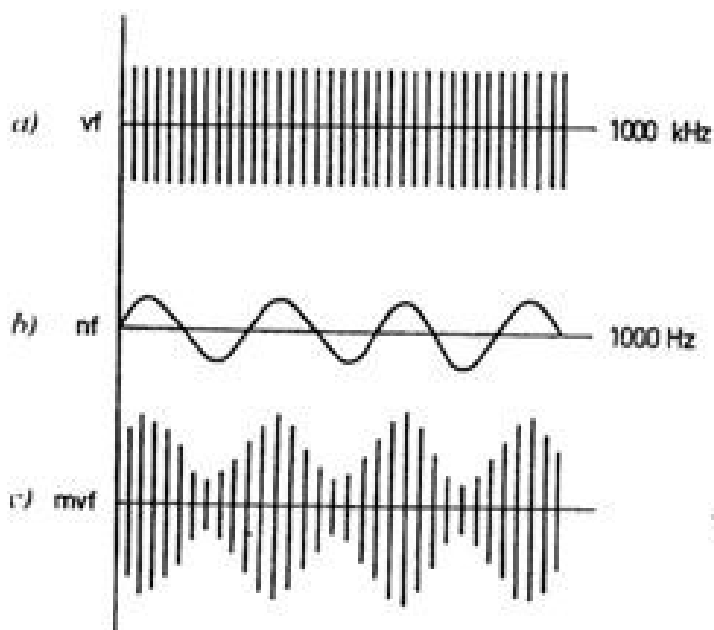
V patentovom spore s Marconim súd až v roku 1943 zrušil niektoré Marconiho patenty, čím priznal Teslovo časové prvenstvo patentov v oblasti rádiotelegrafie. Marconi medzitým dostal Nobelovu cenu... Tesla sa údajne zaoberal aj o bezdrôtový prenos veľkých kvánt elektrickej energie, avšak o tom neexistujú hodnoverné informácie.

Ďalším priekopníkom v rádiotelegrafii bol aj JOZEF MURGAŠ (1864-1929). Narodil sa v Tajove pri Banskej Bystrici a študoval bohoslovestvo a neskôr aj maliarstvo. Elektrotechnika však bola jeho záľubou. V roku 1896 sa vystaľoval do USA, kde v baníckej dedine Wilkes-Barre pôsobil ako kazateľ pre slovenských vystaľovalcov. No zaoberal sa aj rádiotechnikou. V roku 1904 vybudoval vysielač a prijímač so 60 m vysokou anténou. Bol autorom 13 vynálezov. Najviac spomínaný z nich bol vynález **tónového systému telegrafie**. Je to fakticky prvý zárodok frekvenčnej modulácie prenášaných signálov. Jeho najvýznamnejším objavom ale zostáva dosiahnutie **bezdrôtového prenosu hovoreného slova** pred svedkami, čím sa zapísal do histórie ako vynálezca rádia. Vôbec prvý raz sa mu to podarilo už 27. apríla 1905. 23. novembra 1905 zorganizoval **rádiové spojenie**, ktoré sa uskutočnilo medzi obcami Scranton a Wilkes-Barre, vzdialenými od seba 30 km. Murgaš umožnil rozhovor ich starostom, ktorí to písomne potvrdili. V patentových sporoch s Marconim síce vyhral, ale platnosť Murgašových patentov sa obmedzoval na štát Washington, takže mali slabú právnu ochranu. Po vzniku ČSR sa vrátil, no ministerstvo

školy v Prahe mu zamietlo pôsobenie učiteľa elektrotechniky (Murgaš "nemal formálne vzdelanie"). Sklamany sa vrátil do USA, kde aj zomrel.

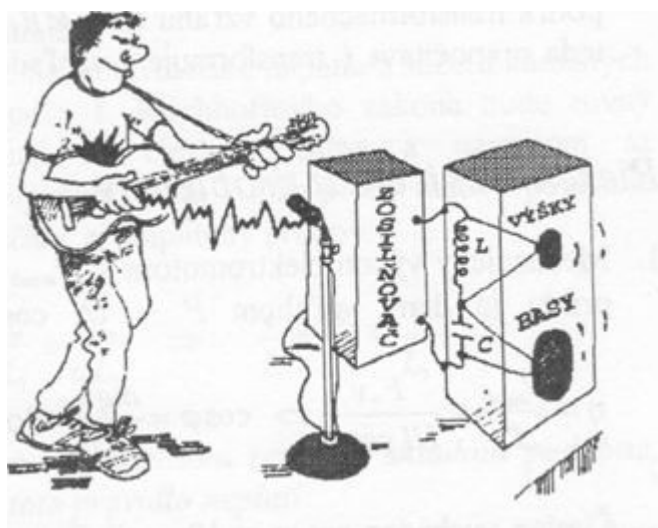
Bezdrôtový prenos reči (rádiotelefón, rozhlas)

Prenos reči, prípadne hudby pomocou elektromagnetického vlnenia je principiálne komplikovanejší v porovnaní s rádiotelegrafiou. Ukázalo sa, že je to možné vytvorením nosnej vlny (vysokofrekvenčná harmonická vlna), do ktorej sa vloží elektrický obraz reči vlnou s nízkym kmitočtom zodpovedajúcim frekvenciám akustického vlnenia transformovaného akusto-elektrickým prevodníkom (mikrofónom). Vložením nízko-frekvenčného signálu do nosnej vlny vzniká jej modulácia. Ako prvá sa začala používať **amplitúdová modulácia**. Amplitúdovo modulovaná nosná vlna sa prenášala anténou do voľného priestoru. Anténa prijímača musí byť "naladená" na nosnú vlnu vysielateľa (dosahuje



sa to kombináciou cievky a kondenzátora s premenlivou kapacitou). Následný krok je "odfiltrovanie" vysokofrekvenčnej zložky signálu a takto filtrovaný nízko-frekvenčný signál sa prenášal do slúchadiel, neskôr do reproduktora. Princíp amplitúdovej modulácie je uvedený na obr. 33, vysvetlenie princípu filtrácie (oddeľovania nízko-frekvenčnej a vysokofrekvenčnej zložky) je na obr. 34.

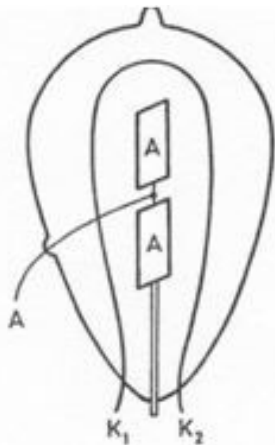
Obr. 33. Princíp amplitúdovej modulácie a) časový priebeh vf zložky b) časový priebeh nf zložky c) výsledná amplitúdovo modulovaná vlna.



Obr. 34. Názorný príklad filtrácia vysokých a nízkych tónov vydávaných hudobným nástrojom. Príslušný signál z gitary sa nechá prejsť cez sériový LC obvod. Na cievke vzniká vysoký úbytok napätia pri vysokých tónoch, na kondenzátore je veľký úbytok napätia pri hlbokých (nízkofrekvenčných) tónoch. Tieto dva signály sa odvádzajú oddelene do výškového a basového reproduktora.

Na Vianoce 1906 Reginald FESSENDEN (kanadský fyzik) **použil na prenos hovoreného slova amplitúdovú moduláciu**. Na výrobu vysokofrekvenčného (vf) signálu použil vysokofrekvenčný alternátor firmy General Electrics. (50 kHz - veľmi dlhé vlny). Nosnú vlnu moduloval nízkofrekvenčným (nf) signálom, ktorý získal použitím Edisonovho mikrofónu. Dosiahol spojenie na vzdialenosť 40 km. Pri prvom vysielaní prečítal výňatok z biblie a zaspieval vianočnú koledu Holy Night. Tento signál dokázali rádiotelegrafné prijímače prijať ako zvukové. Ale v komerčnom priestore sa začali používať Edisonove rozhlasové prijímače a na Fessendena sa zabudlo. V roku 1928 však Fessenden vyhral nad Edisonom a Marconim väčšinu patentových sporov. Niektoré pramene uvádzajú, že Fessenden uskutočnil dokonca aj prenos Morseových signálov medzi Kanadou a Anglickom už v roku 1900, skoro rok pred Marconim! Je zrejmé, že aj v histórii techniky možno objaviť mnoho nejasných udalostí...

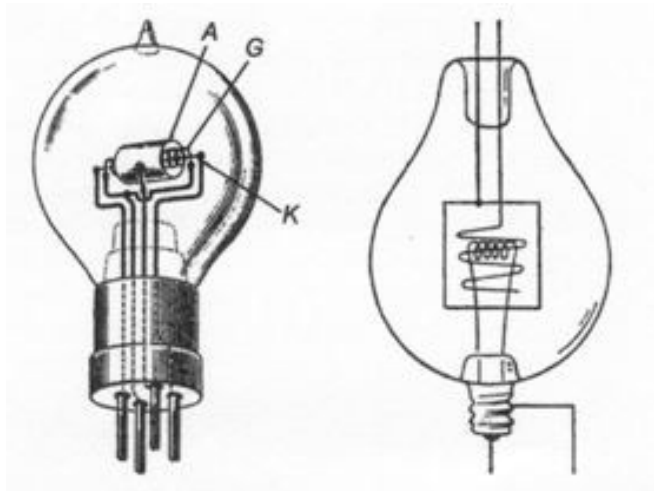
Na rozvoj rádiotechniky mal veľký vplyv **vynález (vákuových) elektróniek**. Ich činnosť je založená na jave, ktorý pozoroval v roku 1883 T. A. Edison (modré svetielkovnice v okolí žeravého vlákna žiarovky. V tom čase neboli známe elektróny, takže Edison nevedel, že ide o elektróny emitované z povrchu žeravého vlákna.) Ak do evakuovanej sklenenej banky vláknovej žiarovky zatavíme ďalšiu elektródu a pripojíme ju na vyšší potenciál, ako má rozžeravené vlákno, tečie žiarovkou slabý prúd - elektróny sú priťahované kladnou elektródou. Edison takto nevedomky objavil princíp vákuovej diódy, používanej neskôr na usmerňovanie striedavého prúdu - dióda prepúšťa prúd len jedným smerom (elektróny sa môžu pohybovať len v smere od zápornejšej elektródy ku kladnejšej). Edisonov jav úspešne vysvetlil až J. J. Thomson, objaviteľ elektrónu (1897), ktorý predstavuje záporne nabitú elementárnu časticu. Jav však nenašiel okamžité praktické uplatnenie.



V roku 1904 anglický fyzik JOHN AMBROS FLEMING zostrojil prvú **vákuovú diódu**. Pôvodné usporiadanie s plochou anódou A je na obr. 35. Neskôr bola upravená: v zatavenej evakuovanej banke už bola anóda v tvare valčeka z niklového pliešku a platinové vlákno majúce funkciu priamo žeravenej katódy K_1K_2 bolo nahradené vláknom z volfrámu a umiestnené na osi valcovitej anódy.

Obr. 35. Flemingova vákuová dióda (1904) - pôvodná realizácia.

V roku 1906 Američan LEE de FOREST skonštruoval vákuovú **triódu**. Forest vložil medzi anódu a katódu jemnú mriežku. Malá zmena potenciálu mriežky výrazne ovplyvňovala veľkosť prúdu medzi katódou a anódou. Táto elektrónka už bola použiteľná na zosilňovanie signálu. Kvalita elektrónok však bola spočiatku nízka kvôli nedokonalému vákuu - ich vlastnosti neboli stabilné. Tento problém sa vyriešil až objavením *difúznej vývevy* (I. LANGMUIR) v roku 1915.

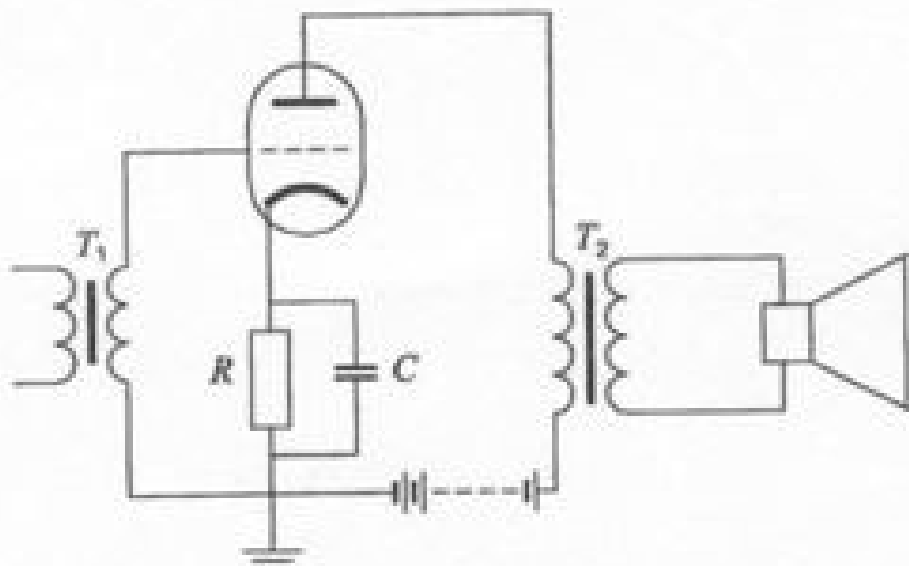


Obr. 36. Lee de Forestova trióda. A - anóda, K - katóda, G - mriežka

Pôvodne boli diódy a triódy skonštruované s **priamo žeravenou volfrámovou katódou**. Tá svietila podobne ako žiarovka - bielym svetlom. Prvým krokom bolo nájsť materiál s lepšou termoemisiou elektrónov. V roku 1921 začala firma *Marconi Osram* vyrábať katódy z thóriovaného volfrámu a neskôr z volfrámu s povlakom kysličníka vápenatého a bárnateho. Tie už boli žeravené na nižšiu teplotu, svietili len do červena a boli energeticky úspornejšie. Ďalším krokom bolo vytvorenie **nepriamo žeravených katód**. Žeraviace vlákno prechádzalo niklovou trubičkou, na ktorej boli nanesené dobre elektróny emitujúce kysličníky. Výhodou bolo, že na žeravenie katódy sa už dalo použiť napätie z rozvodnej elektrickej siete, pretože nijako neovplyvňovalo prúd v anódovom okruhu.

Elektrónky sa začali využívať na vytváranie elektronických obvodov s rôznymi vlastnosťami, napr.

- ako nízkofrekvenčné zosilňovače (napr. signálu z mikrofónu, výstupu do reproduktora)
- zosilnenie modulovaného signálu do antény
- generovanie vysokofrekvenčného signálu.

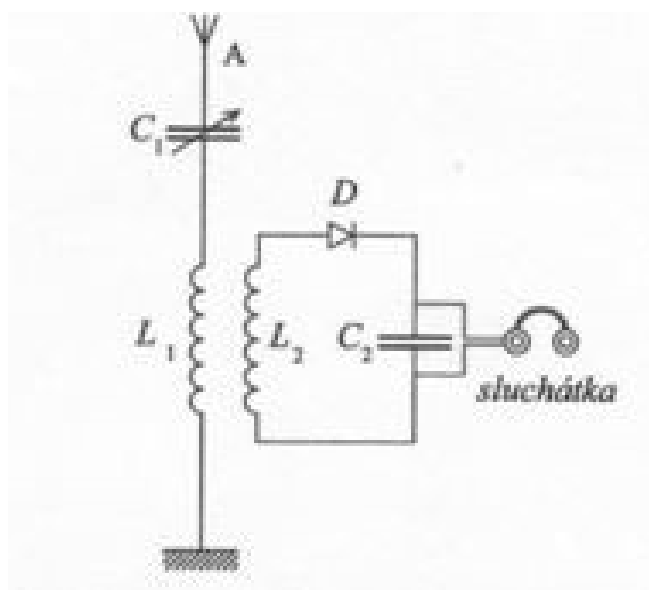


Obr. 37. Použitie triódy v nízkofrekvenčnom zosilňovači.

V rokoch 1912-1916 Lee de Forest a E. H. Armstrong vyvinuli zapojenie, ktoré dnes nazývame **spätná väzba**. Medzi anódu a katódu vložili oscilačný LC obvod a časť výstupného napätia priviedli na mriežku. Vtedy zosilňovač generuje netlmené elektrické kmity, a teda funguje ako oscilátor.

Takto mohol vzniknúť **rozhlas**. Bolo už možné prenášať reč aj hudbu. Prvé pravidelné rozhlasové vysielanie sa uskutočnilo v Pittsburghu (USA) v roku 1920. V tom istom roku vzniklo pokusné vysielanie aj v Anglicku. V roku 1922 vznikla Britská rozhlasová spoločnosť - BBC. Postupne vznikali v rôznych častiach Európy rozhlasové stanice. V Bratislave sa prvé rozhlasové vysielanie uskutočnilo v roku 1926. Pojem "radio" sa začal používať v roku 1915. Prvé rádiá so spätnou väzbou, v ktorých sa zosilňoval vf signál, boli dosť nestabilné, rozkmitávali sa a rušili iné prijímače "pískaním".

Rozhlasový prijímač bol veľmi drahý. Napr. v bývalej ČSR rozhlasovú koncesiu osobne podpisoval minister pôšt. Bola spoplatnená. Aj preto sa najmä spočiatku používali na príjem rozhlasového vysielania aj systémy, ktoré nepotrebovali elektrónky, tzv. kryštálky.



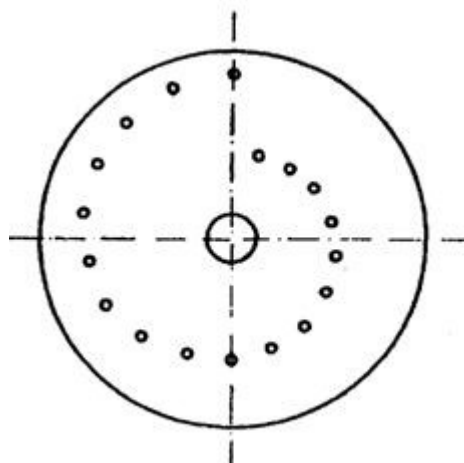
Obr. 38. Zapojenie "kryštálky". Kondenzátor C_1 umožňoval naladiť anténu na určitú frekvenciu, kondenzátor C_2 prepúšťa vf zložku prúdu, takže do slúchadiel vstupuje nf signál.

Prenos pohyblivého obrazu - televízia.

Pôvodná predstava o tom, že treba nájsť spôsob, ako preniesť naraz celý obraz, sa ukázala ako neschodná. Vhodnejšie bolo hľadať spôsob, ako rozdeliť prenášaný obraz po častiach. Obraz by sa teda mal rozdeliť do malých plôšok rôzneho jasú, zaradených do riadkov. Tieto rôzne osvetlené plôšky by sa potom premenili na elektrický signál, ktorý by už bolo možné prenášať pomocou elektromagnetického vlnenia.

Prvým krokom k realizácii takejto techniky prenosu obrazu bol objav **fotorezistora**. V roku 1873 si telegrafista MAY všimol, že v telefónoch používané selénové rezistory pri pôsobení svetla menia svoj odpor. Lenže selénový fotorezistor mal veľkú zotrvačnosť - nereagoval dostatočne rýchlo na zmeny intenzity svetla. V roku 1888 vyslovil bývalý asistent H. Hertza WILHELM HALLWACHS hypotézu, podľa ktorej ultrafialové žiarenie nabije vodivú dosku kladne, pretože vyráža z nej elektróny. Jav je zrejme najsilnejší na seléne. V tom istom roku pozoroval tento jav A. RIGHI. Jav dostal názov Hallwachsov efekt, dnes ho nazývame **fotoelektrický jav**. Tak vznikla **fotónka**, fungujúca na princípe fotoelektrického javu. Niektoré kovy emitujú elektróny pod vplyvom svetla, pričom počet "fotoelektrónov" závisel od intenzity osvetlenia. Fotónka je elektrónka s dvoma elektródami, v ktorej anódový prúd závisí od intenzity osvetlenia katódy.

Najznámejší zo spôsobov, ako rozložiť obraz na malé plôšky, navrhol nemecký inžinier PAUL GOTTLIEB NIPKOW v roku 1884. Vytvoril rotujúci kotúč, v ktorom boli zvláštnym spôsobom špirálovite rozmiestnené otvory



Obr. 39. Nipkowov kotúč vytvorený na „riadkovanie“ obrazu.

Dierky kotúča pri otáčaní a sledovaní pomocou zvláštneho optického zariadenia vykonajú „riadkový rozklad“ obrazu a tým sa obraz premení na rad svetelných impulzov. Tie dopadajú na opticko-elektrický menič (v tom čase selénový fotorezistor alebo fotónka). Z fotónky vznikne rad elektrických impulzov, ktoré možno odviesť do diaľky.

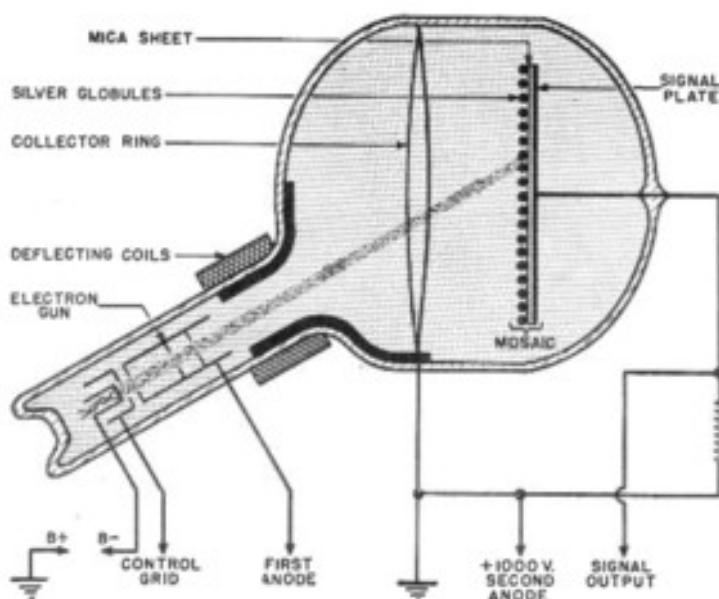
Nipkow túto myšlienku nikdy nerealizoval. V nasledujúcom odkaze možno názorne ukázať, ako by jeho návrh asi fungoval v praxi

<https://www.youtube.com/watch?v=1enfinu4VAU>

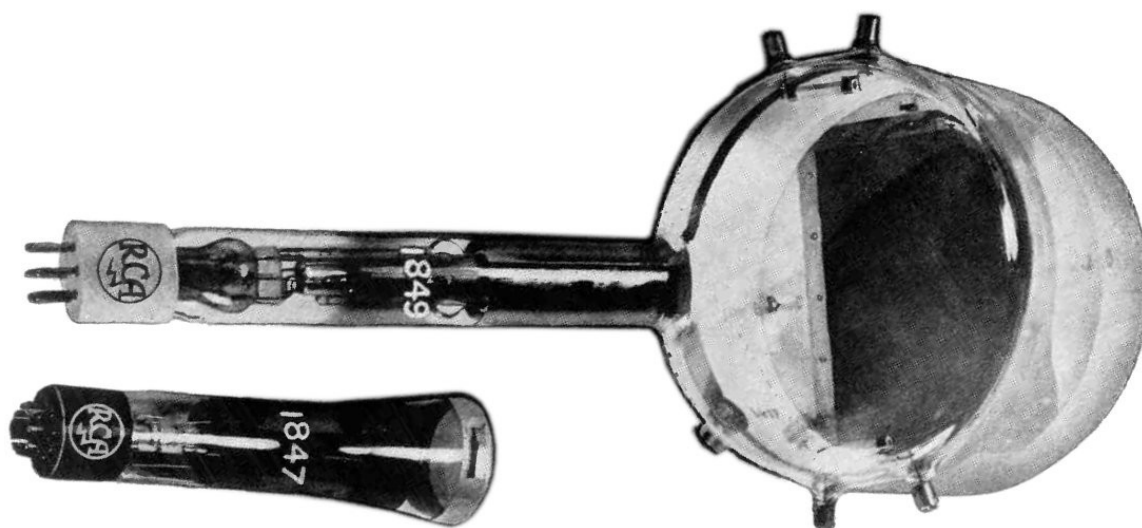
Nipkowov princíp sa snažilo realizovať viacero vynálezcov, ale prenášaný obraz bol veľmi nekvalitný.

Za úspešného vynálezcu televízie možno považovať až Škóta menom JOHN LOGIE BAIRD (1888-1946). Používal Nipkowov kotúč, ktorého otvormi sa privádzalo svetlo odrazené od silne osvetlenej scény do fotónky, v ktorej sa pod vplyvom dopadajúceho svetla rôznej intenzity menil prechádzajúci elektrický prúd. Ten sa moduloval na vysokofrekvenčnú nosnú vlnu, vyžarovanú anténou. Prijímač obsahoval neónovú tlejivku, ktorej jas sa menil podľa modulačnej obálky nosnej vysokofrekvenčnej vlny. Tlejivku pozoroval divák cez otvory iného Nipkowovho kotúča, ktorý sa točil synchronne s kotúčom, umiestneným na strane vysielača. Obraz bol však neostrý – pozostával len z 30 riadkov. Neskôr sa „riadkovanie“ zvýšilo na 240 riadkov a kvalita obrazu sa zlepšila. V roku 1929 začala britská BBC pokusné vysielanie. Od roku 1930 sa prenášal s obrazom už aj zvuk. K pokusným televíznym vysielaniam dochádzalo postupne aj v USA, Francúzsku, ZSSR a Nemecku. Televíznu aparatúru Nipkowovho typu v rokoch 1936-37 rozvíjal aj v Prahe profesor Šafránek.

Problematické boli práve mechanicky sa pohybujúce časti, takže sa hľadal spôsob, ako ich realizovať elektronicky (vo vysielači i v prijímači). V roku 1923 ruský emigrant žijúci v USA VLADIMÍR KUZMIČ ZWORYKIN (1889-1982) vyvinul čisto elektronický spôsob premeny obrazu na elektrické signály – **optoelektronický menič**. Vynález zdokonaľoval 10 rokov. Výsledkom jeho úsilia bolo „elektrické oko“ – **ikonoskop**. Jeho zamestnávateľia z firmy Westinghouse v Pittsburgu však jeho vynález spochybňovali. V roku 1929 Zworykin sa stal riaditeľom firmy Radio Corporation of America, kde vytvoril kolektív, ktorý vytvoril dobre fungujúci (čiernobiely) televízny systém.



Obr. 40. Schéma ikonoskopu



Obr. 41. Ikonoskopy – reálny vzhľad

Princíp činnosti a podrobnejší opis ikonoskopu možno nájsť na

<https://en.wikipedia.org/wiki/Iconoscope>

V ikonoskope je hlavným obraz vytvárajúcim prvkom ("signálna") platnička zo sľudy pokrytej na prednej strane nevodivým lepidlom nalepenými fotocitlivými granulami vytvárajúcimi pravidelný obrazec. Ako granuly boli použité strieborné zrná pokryté céziom alebo oxidom cézia. Majú funkciu fotocitlivého povlaku. Zadná strana sľudovej platničky bola pokrytá tenkou vrstvičkou striebra. Takto vznikajú medzi prednou a zadnou stranou sľudovej platničky veľmi malé od seba navzájom ohraničené kondenzátory schopné uložiť elektrický náboj. Sústava malých individuálnych plôšok vytvára systém zobrazovacích bodov - pixelov. Sústava pixelov ako celok vytvára akúsi "mozaikovú štruktúru".

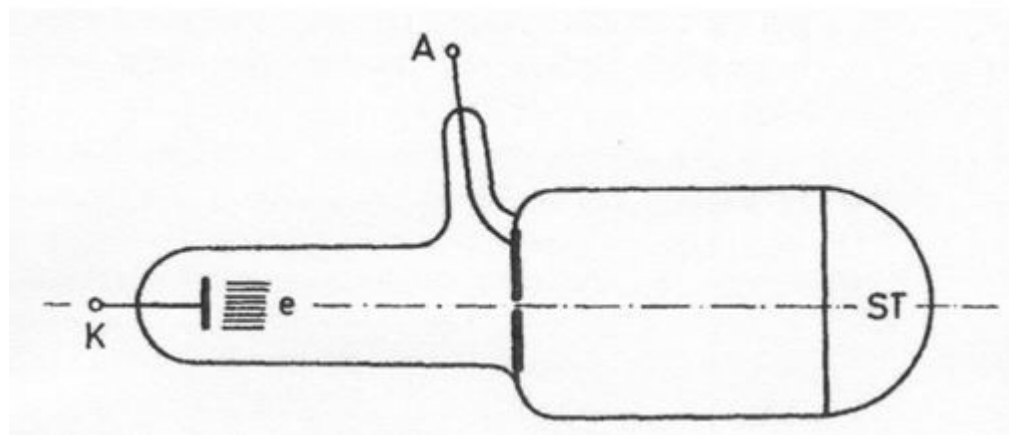
Táto sústava sa najskôr nabije postupným dopadom elektrónov z elektrónového dela, ktoré bolo v ikonoskope podobné na elektrónové delá používané v dnešných vákuových televíznych obrazovkách. Tým sa na granulách objaví náboj, ktorý sa v zatemnenej miestnosti postupne pomaly stráca známou rýchlosťou. Pri osvetlení svetlom fotosenzitívny povlak uvoľňuje elektróny uložené v striebre. Rýchlosť emisie elektrónov rastie s intenzitou dopadajúceho svetla. Takto sa na platničke vytvorí elektrická "analógia" viditeľného obrazu, pričom rozloženie náboja na nej (v jednotlivých pixeloch) je inverzné k rozloženiu stredného jasú obrazu v príslušnej časti obrazu.

Pri opätovnom snímaní platničky elektrónovým lúčom určitá časť zvyškového náboja zostane v granulách a je doplnená elektrónmi dopadajúceho lúča. Energia dopadajúcich elektrónových lúčov je nastavená tak, že časť dopadajúceho náboja rovná zvyškovému náboju v granulách sa odrazí späť do trubice, kde je zbieraný kolektorovým krúžkom (zberačom), ktorý má podobu kovového krúžku umiestneného okolo trubice. Náboj zachytávaný týmto kolektorom sa mení v závislosti od náboja uloženého v príslušnom mieste (platničky). Signál sa potom zosilní a premení sa na inverzný signál, takže vznikne pozitívny obraz video signálu.

The collector ring is also used to collect electrons being released from the granules in the photoemission process. If the gun is scanning a dark area few electrons would be released

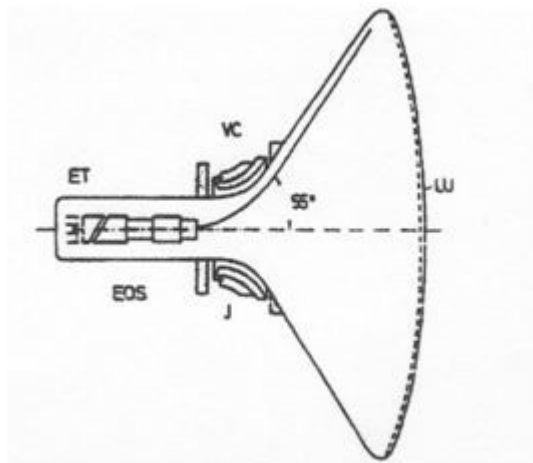
directly from the scanned granules, but the rest of the mosaic will also be releasing electrons that will be collected during that time. As a result, the black level of the image will float depending on the average brightness of the image, which caused the iconoscope to have a distinctive patchy visual style. This was normally combatted by keeping the image continually and very brightly lit. This also led to clear visually differences between scenes shot indoors and those shot outdoors in good lighting conditions.

Dôležitou súčasťou TV prijímača je **obrazovka**. Jej vynálezcom je nemecký fyzik KARL FERDINAND BRAUN (1850-1918), ktorý v roku 1909 dostal (spolu s Marconim) Nobelovu cenu za fyziku za zásluhy o rozvoj rádiatelegrafie. V roku 1874 objavil **usmerňovaciú schopnosť polovodičov pri styku s kovom** a bol tvorcom kryštálového detektora, používaného v kryštáľkoch. K jeho najvýznamnejším vynálezom patrí **katódová trubica** - predchodkyňa obrazovky. Tvorí ju evakuovaná sklenená banka. Napätie medzi anódou a katódou je 10 - 20 kV, tienidlo ST je luminofor, napr. ZnS, ktorý pri dopade elektrónov urýchlených elektrickým poľom svetielkuje. Anódu A tvorí kotúčik, ktorý má na osi trubice otvor, cez ktorý prechádzajú urýchlené elektróny.



Obr. 42. Braunova katódová trubica.

Katódová trubica bola postupne zdokonaľovaná. Bol k nej v roku 1903 pripojený elektrický alebo magnetický vychýľovací systém – umožňoval vychýľovať elektrónový lúč. K nemu sa pridali elektródy alebo cievky, ktoré elektrónový lúč zaostrovali. V roku 1905 bola v nej použitá nepriamo žeravená katóda. Takto vytvorená obrazovka bola najskôr súčasťou *katódového oscilografu*, neskôr po ďalších úpravách bola súčasťou TV prijímača (čiernobieleho). Princíp „elektrónového dela“ neskôr využil Zworykin pri konštrukcii ikonoskopu.



Obr. 43. Obrazovka čiernobieleho TV prijímača.

V roku 1928 J. L. Baird navrhol tiež **prvý fungujúci systém farebnej TV** - 3 sekcie Nipkowovho kotúča, zakryté červeným, zeleným alebo modrým filtrom. Farebný očný vnem sa totiž vytvára miešaním vhodne kombinovaných 3 farieb (červenej, zelenej, modrej – RGB) Nikdy sa však prakticky nepoužíval. Po 2. svetovej vojne bol vyvinutý elektronický "trojfarebný" systém. Vznikli tri systémy: 1954 NTSC (USA), 1957 SECAM (F) a začiatkom 60. rokov PAL (Nemecko). U nás začala farebná televízia vysielať 9. 5. 1973 systémom SECAM. Prvé diaľkové ovládanie vzniklo v roku 1950 v USA – ovládač bol s televízorom spojený káblom. Bezdrôtový ovládač vyvinula v roku 1955 opäť americká firma Zenith Radio Corporation (v TV prijímači boli 4 svetlocitné bunky, každá v inom rohu televízora. Ovládač s nimi komunikoval prostredníctvom svetelného lúča). Bol však citlivý na silné svetlo a slnečné žiarenie. V roku 1956 bol použitý ultrazvukový systém-len na prepínanie staníc, zapnutie a vypnutie. V roku 1980 vznikol diaľkový ovládač pracujúci na báze IČ žiarenia.

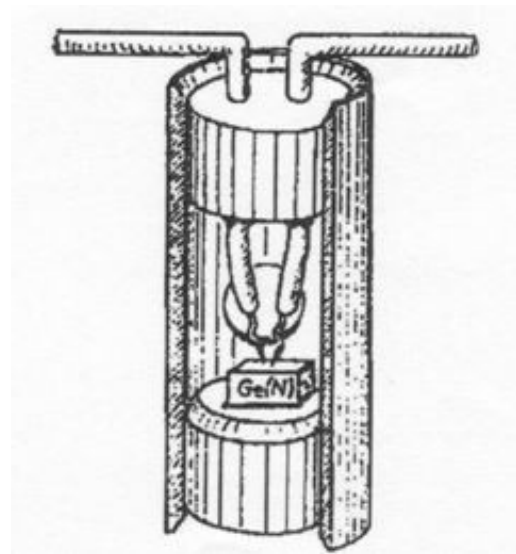
Uvedme ešte niekoľko historických faktov súvisiacich s postupným nahradzovaním vákuových elektrónok polovodičovými prvkami, čo sa označuje ako **polovodičová elektronika, resp. mikroelektronika**.

V roku 1874 K. F. BRAUN - objav **polovodičového usmerňovača** (napr. styk Se s kovem). V roku 1873 bol na seléne objavený jav **fotoodporu** (MAY). 1879 bol objavený **Hallov jav**.

V rokoch 1930-31 - "**objav**" **polovodičov typu P a N** - dotácie "vlastných" polovodičov Si/Ge vhodnými prímiesami. V polovodiči typu N vytvárajú prímese "nadbytočné" elektróny, v polovodiči typu P sú naopak v dôsledku prítomnosti prímiesi elektróny zachytávané do stavov, kedy sa nemôžu pohybovať. Vznikne po nich "diera", ktorá sa fyzikálne správa ako kladne nabitý nosič náboja.

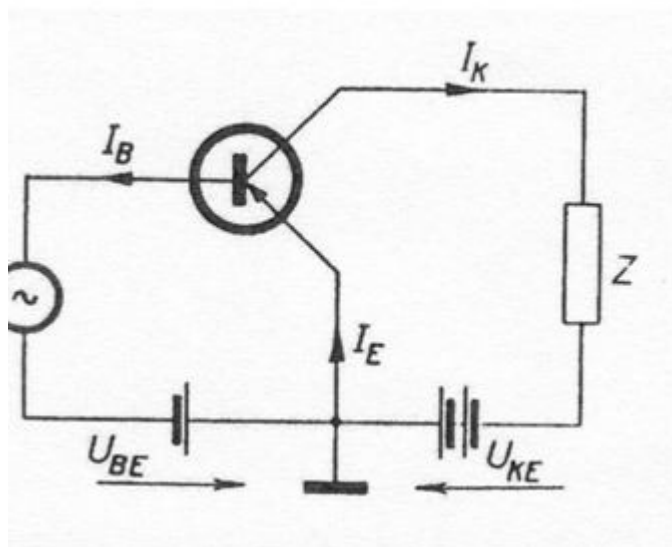
1940 R. OHL - objav usmerňovacích schopností P-N prechodu, t. j. styku polovodiča typu P a polovodiča typu N. Difúziou nosičov náboja medzi oboma materiálmi vznikne elektrická dvojvrstva, ktorá po pripojení na vonkajší zdroj napätia prepúšťa nosiče náboja v jednom smere oveľa lepšie ako v smere opačnom. Tak vznikla **polovodičová dióda**.

1947 - W. SHOCKLEY, J. BARDEEN A W. BRATTAIN - zostrojili **hrotový tranzistor**. Báza bola z Ge, druhý hrot mal pôvodne slúžiť ako sonda na meranie vlastností prvého hrotu. Sú to vlastne akoby dve diódy v jednom prvku. Tranzistor tohto typu funguje tak, že malé zmeny prúdu v jednom hrotovom kontakte výrazne ovplyvnia veľkosť napätia na druhom kontakte - je to "polovodičová" analógia triódy, používaných dovtedy v zosilňovačoch.



Obr. 45. Hrotový tranzistor.

Krátko nato (1948) W. SHOCKLEY zostrojil **plošný tranzistor NPN alebo PNP**. Po asi trojročnom úsilí sa zdokonalil tak, že bol stabilnejší, mal nižší šum a oveľa lepšie frekvenčné vlastnosti. Fungovanie plošného tranzistora: Malými zmenami prúdu v smere emitor-báza sa v tranzistore dajú dosiahnuť veľké zmeny napätia medzi bázou a kolektorom. (E-B priepustný smer, K-B záverný smer.) Názov "tranzistor" vznikol v roku 1948.



Obr. 46. Schématické zapojenie plošného tranzistora PNP "so spoločným emitorom".

Tým boli položené základy polovodičovej elektroniky a miniaturizácie mnohých zariadení.

Je však málo známe, že (podľa viacerých historických prameňov) už v roku 1923 J. E. LILIENFELD (narodený v Zakarpatskej Rusi v bývalej ČSR - vo Lvove) vytvoril prvok, pripomínajúci "poľom riadený tranzistor" - **FET - tranzistor**. Ten bolo neskôr "objavený znova" (1960 v tzv. MOS štruktúre). Sú známe patenty Lilienfelda, ktoré (spolu s O. Heilom) predložil v roku 1926 a 1935.

V roku 1958 J. KILBY (Texas Instruments) a nezávisle od neho R. NOYCE skonštruovali **integrovateľný obvod**. Ale ten bol vytvorený bez väčšieho použitia už v roku 1949 pracovníkom Siemensu W. JACOBI.

V roku 1969 bola objavená **CCD kamera** - polovodičový snímač obrazu (W. S. BOYLE, G. E. SMITH) na báze MOS technológie.

V roku 1971 vyvinula firma INTEL (M. E. HOFF) prvý **mikroprocesor**.

V roku 1981 sa objavil **prvý PC** - firma IBM.