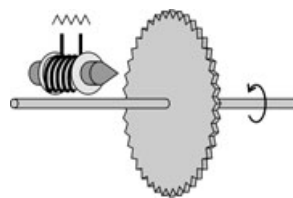


Nástroje s rotačními elektromagnetickými generátory

V této kapitole jsou popsány **elektromechanické nástroje** obsahující **elektromechanické generátory** s elektromagnetickými snímači a rotujícími mechanickými prvky, jejichž rotací vznikají periodické změny magnetického pole. Základní částí generátoru bývají rotující kovové disky nebo válce s pravidelně uspořádanými výřezy nebo výstupky. Jejich tvar a tvar pólových nástavců snímače určují průběh generovaného signálu. U některých nástrojů je generovaný signál upravován pomocí filtrů, přesný tvar elektromechanicky generovaných kmitů není proto u těchto nástrojů příliš důležitý. Tvar zubů tónových kol a tvar pólových nástavců snímačů bývá v těchto případech volen především s ohledem na snadnou výrobu. U většiny nástrojů je však pro další zpracování použit přímo generovaný signál, tvar kmitů proto určuje výslednou zvukovou barvu. U těchto nástrojů je většinou požadovaného tvaru generovaných kmitů dosaženo vhodnou volbou tvaru zubů tónových kol. Výjimečně mají tónová kola zuby obdélníkového tvaru a tvar signálu je určován tvarem pólových nástavců snímačů. V těchto případech může být u každého tónového kola umístěn větší počet snímačů s rozdílnými pólovými nástavci a jedno kolo pak slouží pro generování několika signálů se shodnou frekvencí a odlišným tvarem pulsů.

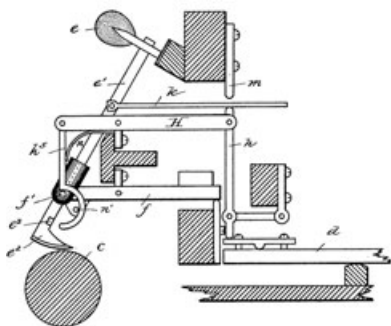


Elektromagnetický rotační generátor

Generování tónů pomocí otáčejícího se ocelového ozubeného kola a elektromagnetu popsal již v roce 1838 francouzský fyzik Charles Edouard Joseph Delezenne (1776–1866). Na počátku 20. let získal několik patentů na rotační elektromagnetický generátor francouzský vynálezce Charles-Emile Hugoniot. Armand Givelet, který se pokoušel postavit elektronické varhany schopné nahradit varhany pneumatické, zkonstruoval a patentoval mnoho elektromechanických a elektronických

přístrojů a obvodů, mezi nimi i tónová kola s elektromagnetickým snímáním. Rotační elektromagnetické generátory použil v prvním desetiletí 20. století ve svých nástrojích Thaddeus Cahill (1867–1934), znovu se pak tyto generátory začaly užívat na konci 20. let. Nejznámějším nástrojem s elektromagneticky snímanými tónovými koly jsou *Hammondovy varhany*, vyráběné od poloviny 30. let, jejichž zvukové možnosti jsou dodnes využívány v rocku, blues, jazzu a dalších hudebních směrech.

Telharmonium, Dynamophone (1906)



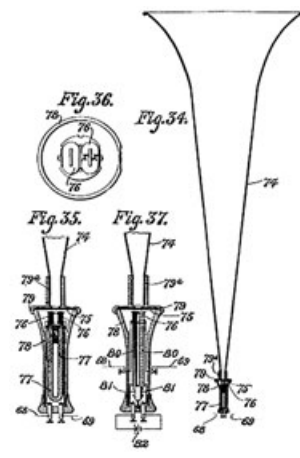
Mechanismus s rotujícím válcem pro rozeznávání strun klavíru – patent 520,667

Kanaďan Thaddeus Cahill (1867–1934), žijící v americkém Washingtonu, začal uvažovat o „elektrické hudbě“ již v roce 1884, kdy započal svá studia na konzervatoři. Tehdy se také seznámil s prací „On Sensation of Tone“ od Hermanna Helmholtze.

21. března 1893 přihlásil k patentování mechanismus pro rozeznávání strun klavíru, u něhož je zdrojem energie rotující válec. Tento princip, na nějž získal 29. května 1894 patent 520,667, použil později ve svém elektromechanickém nástroji. Volný konec páky, nesoucí kladívko pro rozeznávání struny, je zakončen „botkou“ umístěnou v těsné blízkosti rotujícího válce. Při stisku klávesy se „botka“ dotkne válce, je jím zachycena a uvedena do pohybu, čímž vymrští kladívko ke struně.

V roce 1893 zahájil Cahill pokusy s přenosem hudby po telefonních linkách. Zjistil, že pokud telefonní sluchátko opatří trychtýřovým zvukovodem a přivede do něho dostatečně silný elektrický signál, bude ho možné využít pro hlasitou reprodukci hudby.

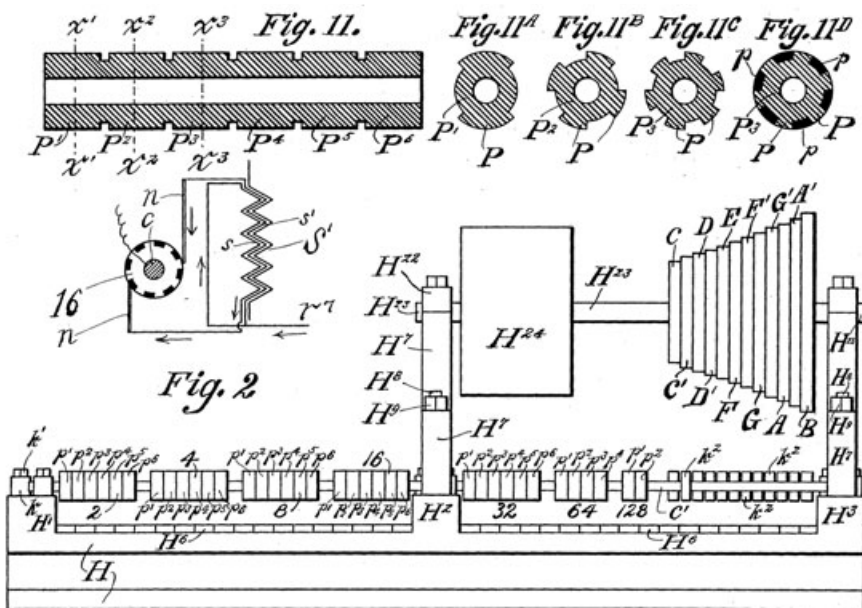
Již v roce 1895 podal první patentovou přihlášku na zařízení pro elektrické generování hudby. Patent však nezískal, a proto 4. února 1895 podal návrh přepracovaný. Při popisu přístroje v něm použil pro popis vytváření zvuků



Telefonní sluchátko se zvukovodem z patentu 1,213,804

kombinací jednotlivých složek označení syntéza. 6. dubna 1897 získal Cahill na elektronické generování a přenos hudby patent 580,035 „The Art of and Apparatus for Generating and Distributing Music Electronically“.

Základem prvního významného elektronického hudebního nástroje v historii, později nazvaného *Telharmonium* nebo *Dynamophone*, popsaného v patentu, byly rotační přerušovače – rheotomy. Tvořili je kovové válce umístěné na dvanácti hřídelích rotujících různou rychlostí. Všechny hřídele byly prostřednictvím řemenových převodů poháněny společným motorem. Na povrchu každého válce, na nějž přiléhaly sběrací kontakty, bylo vytvořeno několik vodivých segmentů. Rotací válců byl procházející proud přerušován s frekvencí závislou na rychlosti otáčení a počtu segmentů. Průchodem přes řadu induktorů byl průběh proudu tvarován na přibližně sinusový. Pro napájení celého nástroje sloužilo jedno společné dynamo, proud k jednotlivým rheotomům byl přiváděn přímo přes kovovou konstrukci.



Rheotomy na společné hřídeli – patent 580,035

Sedm válců umístěných na společné hřídeli generovalo tóny pro jednu notu v sedmi oktávách. Válce pro prvních pět oktáv byly rozděleny na 6 sekcí. Jednotlivé sekce na každém válci měli postupně 2, 4, 6, 8, 10 a 12

s 30 klávesami. Pro generování každého tónu slouží několik tónových kol s různým profilem, vytvářejících signály s odlišnými průběhy. Všechna kola jsou poháněna společným elektromotorem, jehož rychlost lze regulovat, a tím transponovat ladění celého nástroje v rozsahu kvinty. Kombinováním signálů z generátorů lze získat množství zvukových barev. Výstup ze zesilovače je přes čtyři spínače veden ke čtyřem reproduktorům s odlišnými frekvenčními charakteristikami, čímž je dále zvýšeno množství dosažitelných barevných kombinací.

Varhany Hammond (1934)

Americký vynálezce Laurens Hammond (1895–1973) z Evanstonu ve státě Illinois, který se zabýval možnostmi využití elektřiny v různých oblastech, sestrojil v roce 1920 elektricky poháněné hodiny. V následujícím roce ve své laboratoři v New Yorku zkonstruoval synchronní motor se stabilními otáčkami odvozenými od frekvence elektrické sítě. V roce 1928 byla v Evanstonu založena Hammond Clock Company vyrábějící elektrické hodiny. V roce 1930 byla firma přemístěna do Chicaga.

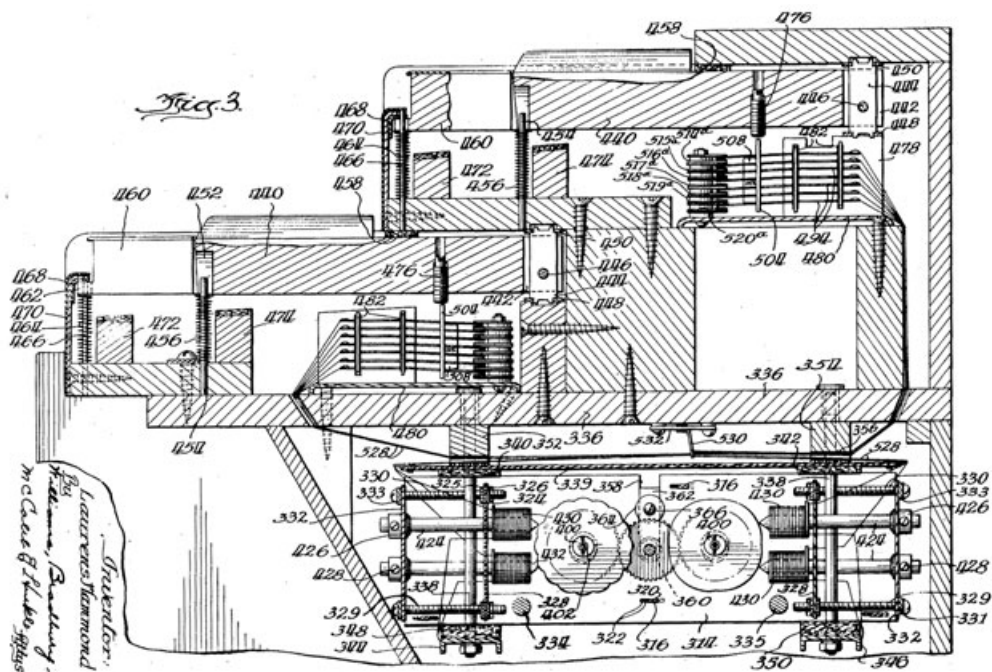
Na počátku 30. let se Laurens Hammond zabýval konstrukcí elektro-mechanického zvukového generátoru. Se zkušenostmi s konstrukcí stabilního elektromotoru dále rozpracoval principy navržené Thaddeusem Cahillem a v roce 1933 vyrobil elektromagnetický generátor s rotujícím ozubeným kovovým kolem a následně i polyfonní hudební nástroj využívající aditivní syntézu. 19. ledna 1934 předložil Hammond prototyp patentnímu úřadu a již 24. dubna získal patent 1,956,350. Mezitím již také dostal objednávku na elektrické varhany od Henryho Forda, který v té době hledal podobný nástroj. V průběhu roku 1934 byla připravena výroba prvního modelu A. Nástroj byl oficiálně veřejně představen 15. dubna 1935. Při jeho předvádění se vystřídali varhaník



Varhany Hammond B-3

Pietro A. Von, dirigent Fritz Reiner a skladatel George Gershwin, který si ihned nástroj také objednal. Brzy následovaly objednávky od dalších slavných hudebníků, k nimž patřil Leopold Stokowski, Thomas Beecham, Walter Damrosch, Hal Kemp a mnoho dalších. Cena 1 250 \$ byla poměrně vysoká, ale ceny píšťalových varhan byly nesrovnatelně vyšší. Během roku se prodalo kolem 2 500 nástrojů a v roce 1936 byl uveden nový model B. V dalších letech bylo vyrobeno množství různých verzí elektromechanických varhan, k nimž patří i slavný model B-3 z roku 1955.

V roce 1937 měl úřad Federal Trade Commission (FTC) námitky proti Hammondově reklamě, která tvrdila, že nový nástroj jsou „varhany schopné vytvořit nekonečné množství zvukových kombinací“. Proto proběhlo srovnání *Hammondových varhan* s píšťalovými varhanami v Rockefellerově kapli na Chicagské universitě. Při testu mělo 15 profesionálních hudebníků a 15 studentů za úkol rozhodnout, které z ukázek byly hrány na píšťalové varhany a které na elektromechanické. Úspěšnost rozlišování nebyla vysoká a 10 odpovědí ze 30 bylo nesprávných. V následujícím roce úřad FTC rozhodl, že nový nástroj může být označován jako varhany, ale že může vytvořit jen 253 000 000 zvuků.



Hammondovy varhany – patent 1,956,350

Varhany Pastorale (1969)

V 50. letech po pěti letech práce a experimentů postavil konstruktér filmové techniky Oldřich Zachař amatérsky varhany s rotujícími tónovými



Varhany RWZ

koly, odvozené od elektromechanických varhan *Hammond*. Nástroj, označený RWZ (*Regenschori Wáclav Zachař*), měl údajně velice čistý tón, pro vysokou váhu, brum způsobený vysokou impedancí snímacích cívek a další nedokonalosti byl však obtížně použitelný. Přesto s ním varhaník Ota Čermák absolvoval řadu koncertů. Po několika letech byl nástroj zničen při autonehodě, při které zahynul i Ota Čermák.

Varhany RWZ a *Hammond* se staly předlohou elektrofonických varhan *Pastorale*, které pod vedením Oldřichova bratra Bohumila Zachaře vyráběla od

roku 1969 pod značkou PETROF firma Československé hudební nástroje, sídlící v Hradci Králové. Na vývoji a následné výrobě se kromě Bohumila Zachaře podíleli Vladimír Petrovický, Václav Horák, Václav Kunt, Karel Zelinka, Jiří Hájek a dalších asi deset lidí. Nástroj se vyráběl ve dvou verzích.

Základní model B50 má dřevěnou skříň o rozměrech 110×70×90 cm. Nástroj má dva pětioktávové manuály, jejichž klávesy mají zaoblené hrany, což usnadňuje hru klouzavých přechodů. Podobně jako u některých typů varhan *Hammond* má každý manuál krajních 13 nebo 12 kláves v inverzních barvách. Tyto klávesy neslouží ke hře, ale k přepínání rejstříků. Horní manuál má jednu volnou kombinaci a 10 rejstříků s pevně nastavenými barvami – viol, oboe, violin, clarinet, saxophone, english horn, trumpet, flute a dvakrát full organ, dolní manuál jednu volnou kombinaci a 11 rejstříků – horn, sweetphone, tibia, bourdon, principal, violoncello, celestial voice, salicional, human voice a dvakrát full organ. Poslední z inverzních kláves vypíná zvuk příslušného manuálu. Stejně jako u varhan *Hammond* jsou volné kombinace ovládané pomocí devíti táhel umožňujících plně ovládat aditivní syntézu a plynule nastavit poměr intenzit jednotlivých složek – stopových výšek 16', 5½', 8', 4', 2¾', 2', 1¼', 1½' a 1'. V nejnižších polohách stopy 16' a v nejvyšších polohách stopy 1' jsou použity lomené oktávy. Pedál má rozsah 13 tónů a jednu pevně nastavenou zvukovou barvu. Kolébkovým přepínačem lze pouze volit dva stupně jeho hlasitosti.



Klávesy se zaoblenými hranami

Varhany Pastorale B50



Stejně jako u varhan *Hammond*, jsou základem generátoru tónová kola s elektromagnetickými snímači, mechanické uspořádání je však odlišné. Tónová kola pro každý tón ve všech výškových polohách jsou vždy umístěna na společné hřídeli. V nástroji je tedy dvanáct hřídelí, z nichž každá se otáčí různou rychlostí. Převod mezi sousedními hřídelemi obstarávají dvojice ozubených kol. Díky tomuto řešení je v převodech použito pouze 22 ozubených kol. Celá jednotka generátoru je umístěna v kovové skříni se stínícími přepážkami. Pro omezení pronikání hluku mechaniky je generátor obalen několika vrstvami plsti. Tónová kola generátoru pohání synchronní elektromotor, napájený přímo z elektrické sítě. Stabilita ladění tak závisí na stabilitě frekvence síťového napětí. Aby mohly být varhany Pastorale používány v kostelech, obřadních síních a dalších místech i při nízké teplotě a aby nedocházelo k zatuhnutí vazelíny v motoru a oleje v generátoru a maznicích, byla v prostoru mezi motorem a generátorem umístěna žárovka o výkonu 60 až 100 W, kterou bylo možné v případě potřeby zapnout a vyhřívat jí vnitřní prostor varhan.



Generátor

Signál ze snímačů je veden přes spínací systém, tvořený kontakty kláves a rejstříkových spínačů, ke směšovací transformátorům. Pro spínání signálů devíti stopových výšek má každá klávesa devět kontaktů. Pro vytváření efektů vibrato a chorus je nástroj vybaven zpožďovací linkou s bezkontaktním rotačním kapacitním přepínačem, jejíž konstrukce je opět převzata