

studijní podpora předmětu

ELEKTROFONY

(3)

třetí tematický okruh

ELEKTROMECHANICKÉ NÁSTROJE pro produkci zvuku

témata třetího tematického okruhu

- elektromechanické nástroje, okolnosti vzniku, nové vynálezy a ideje
- elektromechanické nástroje, následky vzniku a nové kompetence k tvorbě
- senzualismus, prožitkové aspekty, hudba jako „zvuk“
- elektromechanické nástroje pro produkci zvuku
- nové typy hudebního myšlení a reprezentace hudby
- automatizace, automatofony a algoritmické myšlení
- hudební a nehudební zvuk
- nové typy kontroly průběhu tvorby tónu/signálu a „nekonečný“ dozvuk
- nové typy reprezentace a notace hudby, výtvarné myšlení v hudbě, optofonie
- optofonie a ready made přístupy
- hřmotiče a ikonické realizace hudebního futurismu

- **elektromechanické nástroje, členění s využitím členění M. Guštara**

- elektricky poháněné nástroje
- elektricky ovládané nástroje
- nástroje s elektromagnetickými generátory
- nástroje s rotačními generátory (elektrostatické, elektrooptické, elektromagnetické rotační generátory)
- nástroje s mechanickými kmity snímanými elektrickým zařízením (elektrostaticky, piezoelektricky, opticky a elektro magneticky snímané nástroje)
- optofonické nástroje

1. elektromechanické nástroje, okolnosti vzniku, nové vynálezy a ideje

- elektromechanické nástroje obecně (nejen pro produkci zvuku) jsou (podle Guštara) takové, u kterých je **obvykle** elektrifikován *napaječ* nebo *modulátor* (analogicky ruka hráče nebo smyčec) a *oscilátor* zůstává mechanický (např. struna)
- výjimku tvoří takové elektromechanické nástroje, u kterých mechanický *oscilátor* chybí (nástroj pracuje s elektrickými kmity), pojem „mechanický“ se pak váže k pohyblivým (mechanickým) částem *generátoru* (přibližný ekvivalent pojmu *oscilátor*, *generátor* je ale obvykle soustavou, která *oscilátor* obsahuje)
- elektromechanické nástroje pro produkci zvuku jsou jednou ze dvou uvažovatelných podskupin elektromagnetických nástrojů obecně
- druhou takovou podskupinou jsou elektromagnetické nástroje pro záznam, reprodukci a editaci zvuku
- elektrická energie u elektromechanických nástrojů slouží nejčastěji
- jako pohon nástroje, snaha nahrazovat lidskou práci různě důmyslnými nástroji a stroji (pohony nástrojů) od počátku vývoje hudební nástrojů, viz Elektrofony 1 (dmychadla, hodinové strojky, vodní sloupec, parní stroje etc.)
- pro zesílení (běžně s podporou snímání) a úpravu kmitu mechanického oscilátoru (např. el. kytara se snímači a její kmitající struny)
- výjimečně pak zcela nahrazuje mechanický oscilátor, kmity jsou elektrické (např. nástroje s elektrooptickými rotačními generátory)

1.1. okolnosti vzniku elektromechanických nástrojů, nové vynálezy a ideje

- elektromechanické nástroje jsou nejstarší typy elektrofonů, rozvoj v období 19. stol v průběhu všeobecné elektrifikace
- se všeobecnou elektrifikací přichází snaha po automatizaci, automatizace se významně dotýká i hudebních nástrojů (automatická piana)
- uplatňují se vynálezy z oblastí zcela mimohudebních a příznačných pro moderní dobu
- kinematografie s celuloidovým pásem a optofonické nástroje a nástroje s elektrooptickými generátory, jenž využívají stejné principy
- elektricky ovládané nástroje jsou jedním z těsných předchůdců počítačů (kybernetika)
- děrné štítky jako paměťová média
- rozvoj a rozšíření je podněcován rozvojem a rozšířením populární kultury a showbusinessu
- nahrávací společnosti (regulace a koordinace hlasitosti), kina a němý film doprovázený hrou na různé, obvykle elektromechanické elektrofony (hudba a zvukové efekty)
- uplatnění elektromechanických nástrojů se stává nedílnou součástí dějin umělé hudby
- avantgarda, futurismus (*Intonarumori*)

2. elektromechanické nástroje, následky vzniku, nové kompetence k tvorbě

- nové způsoby tvorby zvuku (tónu) přináší nové typy hry, nové typy hry představují nové kompetence, nové kompetence se uplatňují i v novém prostředí pro uplatnění hudebního myšlení
- nové typy hry, např.
 - nová práce s dynamikou (změna dynamického rozsahu)
 - vybrané zvuky více či méně věrně připomínající perkusní nástroje, zvukové efekty jako výbava elektricky ovládaných varhan pro doprovod němých filmů, na klávesy se hraje jako na bicí nástroj
- nástroje s elektrooptickými generátory a optofonické nástroje umožňují práci s přenášením optických jevů (vizuálně a jeho kvality) do hudebního (auditivního) myšlení, podněcuje různé typy experimentálních přístupů (Variofon), zapojení optiky umožnilo vznik kompozičního systému (ANS)
 - do hudby může vstupovat výtvarné umění (výtvarné myšlení – jak to vidím/jak to vypadá a jak to bude hrát/znít)
 - tyto nástroje nabídly nové typy notace (proporční) a analogii počítačové asistence kompozičního procesu (systém ANS)
- elektricky ovládané nástroje (a obecně automatické nástroje) umožňují práci s paměťovým médiem (zprvu děrný štítek), paměťové médium je nová forma reprezentace hudby podněcující nové typy hudebního myšlení (komponování děrného štítku)
 - možno uvažovat vazbu na budoucí počítačovou hudbu
- obecně je možné elektromechanické nástroje chápat jako nástroje umožňující více zvukový přístup k hudbě (senzualismus/senzuálně - hudba a zvukové počítky) na úkor kompozičního myšlení (systémové/konceptuální myšlení, kombinatorika)
 - nástroje umožňují snadnější „hraní si“ se zvukem – oslovují svou zvukovostí/sonoritou

3. elektromechanické nástroje pro produkci zvuku

- produkce jako činnost originální (něco z ničeho), post (po) produkce jako činnost s výsledky produkce
- jednotlivé kategorie elektromechanických nástrojů pro produkci zvuku
 - elektricky poháněné nástroje
 - elektricky ovládané nástroje
 - nástroje s elektromagnetickými generátory
 - nástroje s rotačními generátory (elektrostatické, elektrooptické, elektromagnetické rotační generátory)
 - nástroje s mechanickými kmity snímanými elektrickým zařízením (elektrostaticky, piezoelektricky, opticky a elektro magneticky snímané nástroje)
 - optofonické nástroje

3.1. elektricky poháněné nástroje

- princip tvorby zvuku je v konečném důsledku stejný, jako u nástrojů elektřinu nevyužívajících
- elektrická energie je používána pouze jako elektro-mechanický převodník pro pohon nástroje (z hlediska modelu hudebního nástroje jako zdroje akustického signálu se obvykle jedná o vytvoření stroje, které pohybuje modulátorem tj. např. rukou hráče držící smyčec)
- jednou ze základních motivací vzniku bylo nahrazení lidské práce a současně demonstrace toho, že něco takového možné je (člověk je toho schopen – potvrzení možnosti vývoje/emancipace člověka)
- k nahrazování lidské práce nutné k pohonu nástroje tendence již ve starověku a středověku (vodní varhany, měchy, hodinové strojky aj.)
- rozvoj elektricky poháněných nástrojů s vynálezem dostatečně silného elektromotoru (první pol. 19. stol)

3.1.1. reprezentanti, specifika hry a ovládání, vývoj

- způsob hry zůstává v základních principech stejný jako u nástrojů bez elektrifikace, el. energie ovládání nástroje v tomto smyslu neovlivňuje
- rozvoj od konce 19. stol, základním vývojovým parametrem je míra integrování elektro-mechanického převodníku (cca motoru) do těla nástroje
- při přímém (nezprostředkovaném) spojení elektro-mechanického převodníku s mechanickým generátorem zvuku se již jedná o jiný typ nástroje (nástroj s elektromechanickým generátorem)

3.1.1.1. reprezentanti

- varany s elektrickým dmychadlem
- v různých verzích od konce 19. stol
- automatické nástroje (automatofony) čistě zábavného charakteru, např. nástroje typu orchestrion
- automatofony povahou cca bližší vážně míněné hudební produkci, např.
- *Encore automatic banjo* (1897) s elektricky poháněným pneumatickým táhlem nesoucím trsátko a se stejně poháněnými „mechanickými prsty“ ovládajícími hmatník
- *Automatická harfa Wurlitzer* (1905), podobný principu jako automatické bendžo, spouštění vhozením mince

ukázka: [Ecore automatic banjo](#)

3.1.2. nové typy hudebního myšlení

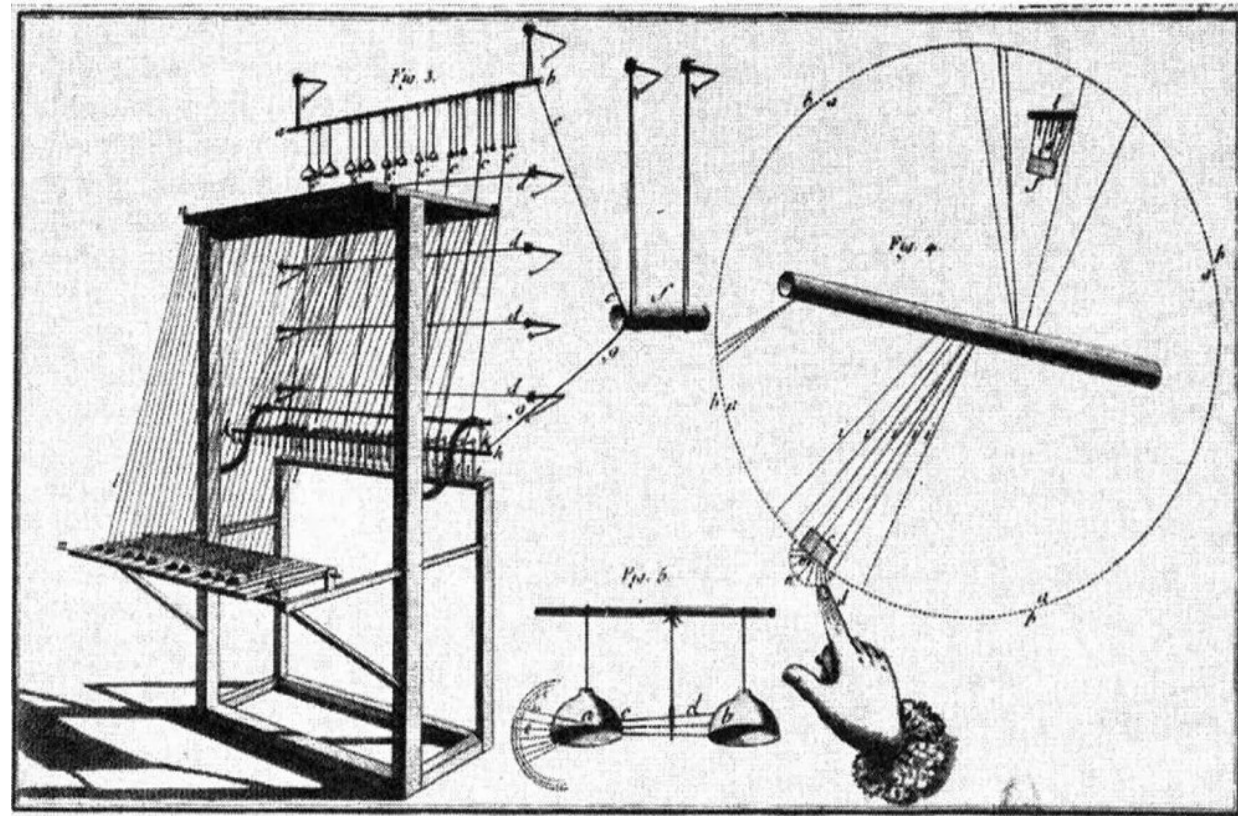
- elektricky poháněné nástroje nové hudební myšlení podněcují pouze nepřímo, elektrifikace způsob tvorby tónu (zvuku obecně) neovlivňuje
- významná je zjevná snaha po automatizaci hudební produkce, která se dostavuje bezprostředně po uspokojení potřeby nahradit/usnadnit lidskou prací (stroje se sám hýbe, nyní by měl i sám hrát)

3.2. elektricky ovládané nástroje

- princip tvorby zvuku je obvykle stejný, jako u mechanických nástrojů, elektřina obvykle slouží pouze pro ovládnání nástroje, el. energie zvukový generátor nenahrazuje (zůstává obvykle mechanický, např. struna), lze rozdělovat dva typy ovládnání nástroje
- elektřina řídí přenos mechanické energie ke zvukovým generátorům (elektřina řídí – nejen pohání mechanické zařízení, které ovládá zvukový generátor, obrazně: el. řídí stroj, co pohybuje rukou hráče, která drží smyčec), el. ovládané nástroje jsou blíže robotickému zařízení (než el. poháněné nástroje)
- elektřina sama pohybuje mechanickým zařízením, které ovládá zvukový generátor, obrazně: pohybuje rukou/je rukou hráče

3.2.1. reprezentanti, specifika hry a vývoj

- princip hry obvykle imituje základní principy hry na běžné nástroje, které realizuje člověk anebo je lidská práce nahrazena strojem (automatické nástroje a jejich „mechanické prsty“)
- vývoj od poloviny 18. století, vazba na vývoj poznání el. energie a možností její akumulace (baterie)
- mezi nejstarší nástroje tohoto typu patří *Clavesin électrique* (1760) opatřený klávesy (cca jako u cembala), kterými se řídil přenos el. energie ke kladívkům rozehvívajícím zavěšené zvonky
- typickými reprezentanty jsou futuristické nástroje a automatické nástroje vzniklé jako kombinace tradičního nástroje (piano, housle aj.) a elektromechanického zařízení (cca robot, jenž na ně hraje)
- rozvoj el. ovládaných nástrojů na konci 19. stol (elektřina nahrazuje čistě mechanické automatické nástroje, např. *vorsetzery*)
- po technologickém boomu přelomu 70/80. let 20.stol. se řízení elektrickými impulsy hromadně nahrazuje digitálním zařízením



obr., Clavesin électrique, 1760 (1759), zdroj: <https://120years.net/clavesin-electrique-1759/>

3.2.1.1. reprezentanti, vybrané automatické nástroje (automatofony) a ikonické nástroje futurismu

- automatické housle *Violano a Violano - virtuoso* (1905), každá struna je rozechvívána malým otáčejícím kolem, která strunu tře, struny jsou zkracovány a prodlužovány „mechanickými prsty“

ukázka: [automatické housle Violano - virtuoso](#)

- přídavné automatické zařízení ke klávesovým nástrojům, zařízení typu *vorsetzer* (nejdříve zcela mechanické, označované také jako *cabinet player, pus – up*, později podobný princip pianola aj.)
- zařízení představuje „mechanické prsty“ hrající podle dřevěného štítku - přístup typický pro pozdější kybernetiku, elektrické *vorsetzery* od počátku 20. stol., dnes jako *disklavíry* (řízeno počítačem a integrováno v těle piana)
- otázka: je *vorsetzer* nástroj/elektrofon, nebo je to „jen“ budič signálu?

ukázka: [el. ovládaný vorsetzer f. M. Welte and Sons](#)

ukázka: [již digitálně řízený vorsetzer](#)



obr., mechanický *vorsetzer* firmy M. Welte & Sons, cca konec 19.stol,
zdroj: <https://www.welte-mignon-authentisch.de/index.php?lang=en>

3.2.1.1.1. hřmotiče/hlukostroje, futuristická hudba a ikonická realizace

- pro rozvoj elektrofonů měl význam futurismus (avantgarda), typickými futuristickými nástroji byly nástroje na tvorbu různých nehudebních zvuků tj. hluků a ruchů (radikální odpor vůči tradici), některé byly čistě mechanické, jiné využívaly el. ovládaný generátor
- Intonarumori, tj. hřmotiče/hlukostroje, vynálezci a uživatelé „futurističtí skladatelé“ Luigi Russolo a Ugo Piatti
- podskupinou např. *Ronzatore* s membránou rozechvívanou el. ovládanou palicí nebo *Gorgogliatore* se strunou rozechvívanou el. ovládanou palicí
- ovládání elektrifikovaných nástrojů obvykle pomocí jednoduchého tlačítka zapnout/vypnout, upravený *Gorgogliatore* zvaný *Scrosciatore* umožňoval změnu napětí a tím barvy zvuku pomocí potenciometru
- L. Russolo vytváří nomenklaturu tj. tzv. šest odvětví hluků futuristického orchestru: (1) např. dunění, hřmění a výbuchy (2) např. pískání a syčení (3) např. šepot, pracovní ruch a bublání (4) např. pištění, šustění a bzučení (5) např. hluky tvořené nárazy na kov nebo dřevo (6) hlasy zvířat a lidí např. smích, křik nebo vytí
- Luigi Russolo, *Risveglio di una Città*, pro Intonarumori, 1914

ukázka: [Luigi Russolo, Risveglio di una Città \(1914\)](#)

ukázka: [rekonstrukce skladeb pro Intonarumori a kopie původních nástrojů](#)

ukázka: [Intonarumori: Ronzatore](#)

3.2.3. nové typy hudebního myšlení

- elektricky ovládané nástroje podněcují nové typy hudebního myšlení srovnatelně, jako nástroje el. poháněné
- reprezentují zjevnou snahu po automatizaci hudební produkce, kterou lze chápat jako projev algoritmického myšlení tj. představu, že dosahování/tvorba hudebního krásna je formalizovatelná (dále správné pohyby/činnosti – buď metodický a krásno se dostaví)
- primárně ale umožňují generování jiných než tzv. hudebních zvuků (tónů) tj. generování hluků a ruchů, čímž umožňují/podněcují jejich začlenění do materiálu hudby a pomáhají formovat nové paradigma hudební tvorby obecně

3.3. nástroje s elektromagnetickými generátory

- označení se vztahuje k rozechvívání oscilátoru (cca generátoru) ne ke generátoru samotnému, ten zůstává mechanický (např. struna)
- rozechvívání je způsobeno elektromagnetem, rozechvíván (zpětná vazba) je obvykle elektromechanický oscilátor obsahující mechanický oscilátor (např. struny u elektrické kytary)

3.3.1. reprezentanti, specifika hry a ovládání, vývoj

- hra na nástroje je v principu tradiční, avšak dotčena možností dosahovat neobvyklé délky dozvuku (sustain) a regulovat ji regulací el. napětí anebo jeho přerušováním (zapnout, vypnout)
- „nekonečný“ sustain podporuje hladké přechody mezi tóny (efektně celistvé legato) a tím ovlivňuje myšlení (soustředění se na efekt)
- rozvoj spojen s vynálezem telefonu (různé patenty v 70. letech 19. stol., A. Bell 1876), jenž využívá pro přenos hlasu stejný princip

3.3.1.1. reprezentanti

- prvním reprezentantem *Musical Telegraph* (1874), cca vedlejší produkt při vynalézání telefonu (Elisha Gray nezávisle na Grahamoivi Bellovi)
- motivací pro rozvoj bylo dosáhnout dlouhého dozvuku u nástrojů s krátkým dozvukem
- na konci 19. století se realizovaly experimenty s prodloužením zvuku piana pomocí elektromagnetu, např. *Elektrophonisches Klavier* (1886)
- ve 20. letech se experimenty opakovaly, např. *Regenerative piano* (1926), *Crea Tone* (1930) aj.
- princip ilustruje *E-bow* pro hru na elektrickou kytaru, *E-bow* není sám o sobě elektrofon (je to pouze budič signálu), představuje drobné elektromagnet. zařízení velikosti cca vejce, zařízení drží hráč v dlani a přikládá je ke strunám, jenž jsou tak rozechvívány, rozšířeno zejména v rockové hudbě (Jimmy Hendrix)

ukázka: [E bow pro „nekonečný dozvuk“ \(sustain\)](#)

3.3.2. nové typy hudebního myšlení

- nástroje s elektromagnetickými generátory ovlivňují hudební myšlení díky možnosti (již) výrazně ovlivňovat nejen tvorbu tónu ale i jeho průběh/vývoj v čase/obálku (envelope)
- typickým projevem je práce s „nekonečným“ dozvukem
- předjímají práci s elektronickými nástroji a efektovými procesory (důraz na zvukový efekt)

3.4. nástroje s rotačními generátory

- princip tvorby zvuku využívá mechanické generátory, jejichž oscilátory jsou již elektronické (kmity tvoří el. proud), generátory rotují (obvykle větší množství rotujících/otáčejících se disků na hřídeli) a ovlivňují tvorbu elektrického napětí
- zvuk je běžně reprodukován reproduktory u těla nástroje
- lze rozlišovat nástroje podle typu generátoru (třídění je aproximativní)
- **s elektrostatickými rotačními generátory**; na rotujících discích (rotor) je nanesen vodivý materiál, jenž v závislosti na druhu vodivého materiálu a jeho umístění na disku (analogie stopy) reaguje s pevnými částmi (stator), vzniká tak napětí různých frekvencí, frekvence jsou snímány elektrostaticky a určují výšku tónu i jeho celkovou povahu
- **s elektrooptickými rotačními generátory**; obvykle perforované rotující disky (nebo třeba kotouče s filmovým pásem) v závislosti na rychlosti rotace přerušují nebo modulují proud světla, modulované světlo je pomocí fotocitlivého prvku převáděno na elektrické kmity/el. signál, výška a celková povaha tónu je dána rychlostí rotace, tvarem perforace, optickými vlastnostmi disku a intenzitou světla
- **s elektromagnetickými rotačními generátory**; obvykle perforované rotující disky proměňují magnetické pole vznikající mezi rotující a pevnou částí generátoru, (magnetismus vzniká pohybem elektrického náboje), vznikající el. náboj určuje míru napětí, které se podílí na výšce tónu společně s rychlostí rotace a tvarem perforace rotující i pevné (statorové) části, někdy je pro každý tón určen jeden kotouč (kolik tónů, tolik kotoučů)

viz obr. na následující stránce/slide

(No Model.)

ART OF AND APPARATUS FOR GENERATING AND DISTRIBUTING MUSIO ELECTRICALLY.

No. 580,035.

Patented Apr 6 1897

10 Sheets—Sheet 2.

T. CAHILL.

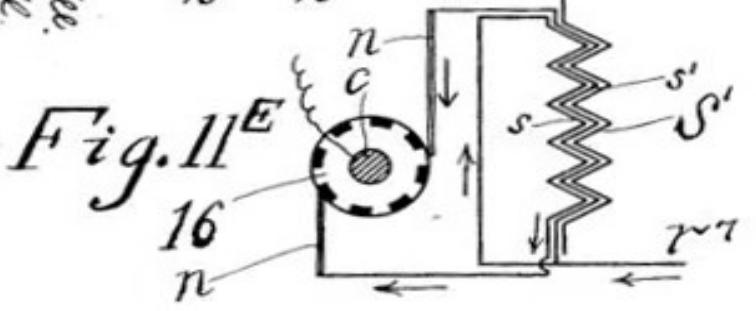
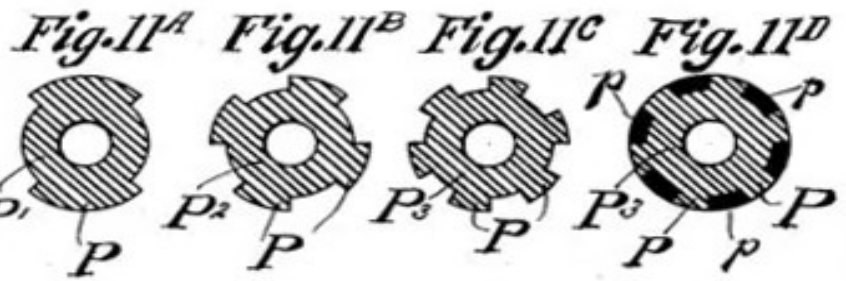
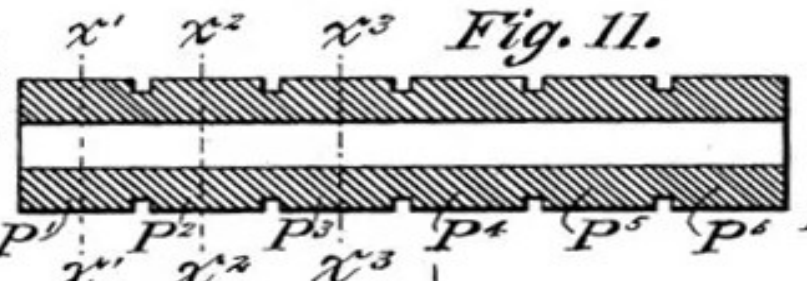
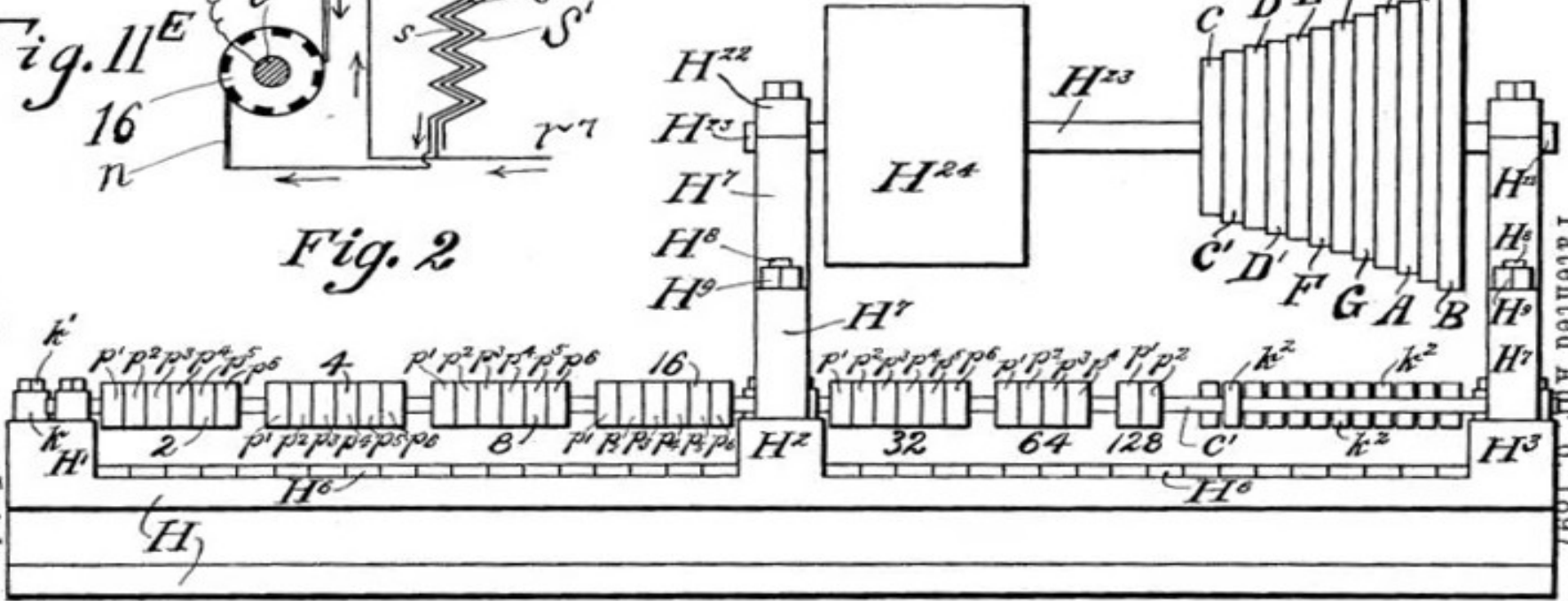


Fig. 2



Attest-
Arthur T. Cahill.
M. H. Tealill.

Inventor:
Thaddeus Cahill.

obr., elektromagnetické rotační generátory, rotační disky a příslušné výšky tónů, rotující disky proměňují magnetické pole vznikající mezi rotující a pevnou částí generátoru, nástroj *Telharmonium*, patentová dokumentace (1897), zdroj: <https://120years.net/the-telharmonium-thaddeus-cahill-usa-1897/>

3.4.1. reprezentanti, specifika hry a ovládání, vývoj

- nástroje s rotačními generátory jsou ve většině případů ovládány jako nástroje klávesové, čemuž odpovídá i technika hry, nástroje označované jako varhany byly vybavovány i nožním manuálem
- výrazným specifikem (zejména u nástrojů s elektrooptickými rotačními generátory) je možnost zapojovat do hudebního myšlení výtvarné (vizuální podněty), např. experimentální nástroj *Variofon*
- mezi nástroji se objevil také **první automat pro práci s rytmem**
- rozvoj od konce 19. stol., princip tvorby tónu pomocí rotujícího ozubeného kola a elektromagnetu popsán již 1838 (Charles E. J. Delezenne), u elektrooptických rotačních generátorů spojeno s rozvojem telegrafu a kinematografie
- první paten na optický přenos z roku 1888 (Ernst J.P. Mercadier)

3.4.1.1. reprezentanti, vybrané nástroje s elektrostatickými rotačními generátory

- snadno přenosné *Varhany Dereux* vyráběné v pol. 20. stol.
- *Melotone*, klávesový nástroj, obtížná manipulace
- princip využit u nástrojů označovaných také jako *Compton Melotone*, *Electrone* nebo *Theatrone* (1935), nástroje používané často pro scénickou hudbu hranou v reálném čase inscenace (živě/live)



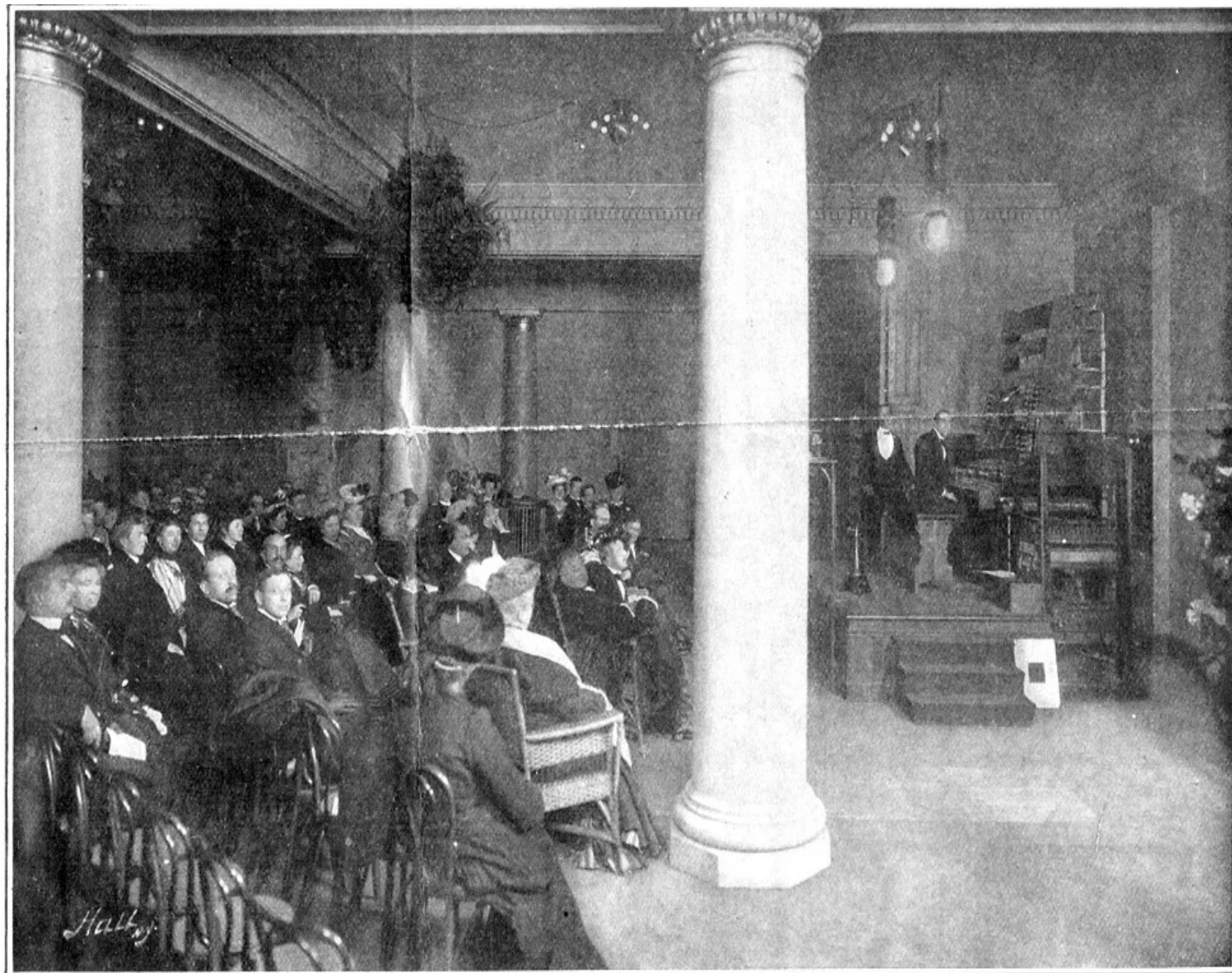
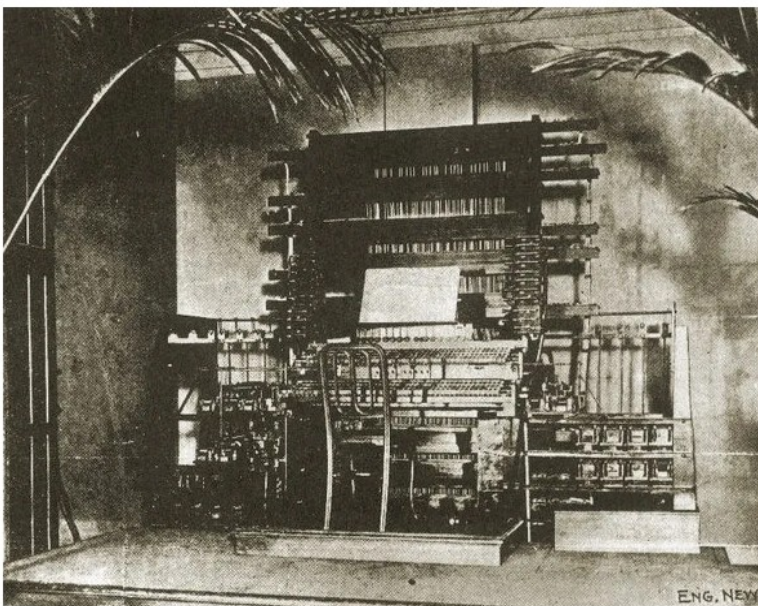
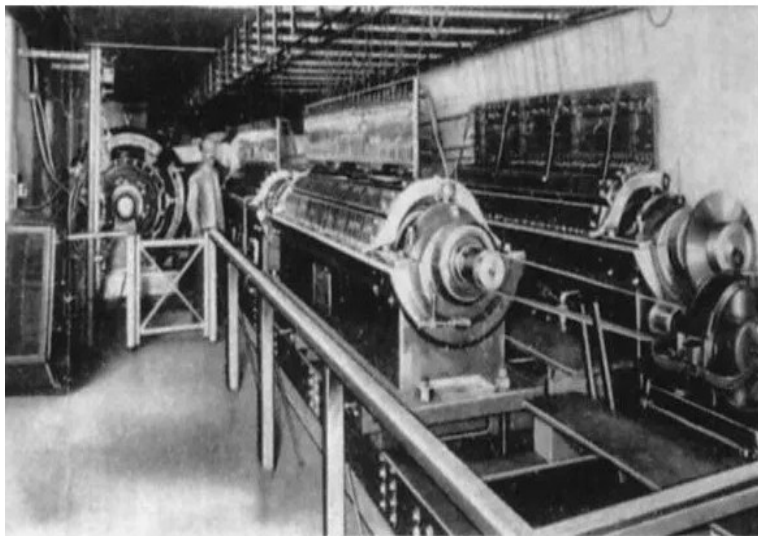
obr., Compton Theatrone s velkým množstvím rejstříků, zdroj: American Theatre Organ Society

3.4.1.2. reprezentanti, vybrané nástroje s elektromagnetickými rotačními generátory

- *Varhany Hammond* (1934), ikonický klávesový nástroj zejména v oblasti jazzové a experimentální (rockové) hudby, autorem Laurens Hammond (USA), nástroje vyráběny v různých verzích a modifikacích
- obrovský úspěch nástroje dán barvou zvuku (při zpracování signálu generátoru uplatněn princip aditivní syntézy - skládání více signálů různých průběhů v jeden signál výsledný) a charakteristickým vibratem
- do ukončení výroby v 70. letech prodány 2 mil. nástrojů

ukázka: [varhany Hammond, první řada „A“, výrobek cca 1935](#)

- *Telharmonium*, později jako *Dynamophone* (1906), nástroj obřích rozměrů, obr. následující slide
- technický unikát, vyrobeny tři kusy nástroje (v 60 letech zničen poslední), pro obrovské rozměry a váhu ve stovkách tun nikdy nebyla zahájena sériová výroba
- zvukový výstup byl veden do jednoduchých reproduktorů s papírovým kuželovitým tělem



A GATHERING AT TELHARMONIC HALL—MELODY AND LIGHT FROM ARC LAMPS

obr. rotory *Telharmonia* v podzemí (pod nástrojem), detail nástroje – manuál (druhá verze) a místnost pro produkci *Telharmonia* – tzv. *Telharmonic hall*, New York, foto cca 1906, zdroj: <https://120years.net/the-telharmonium-thaddeus-cahill-usa-1897/>

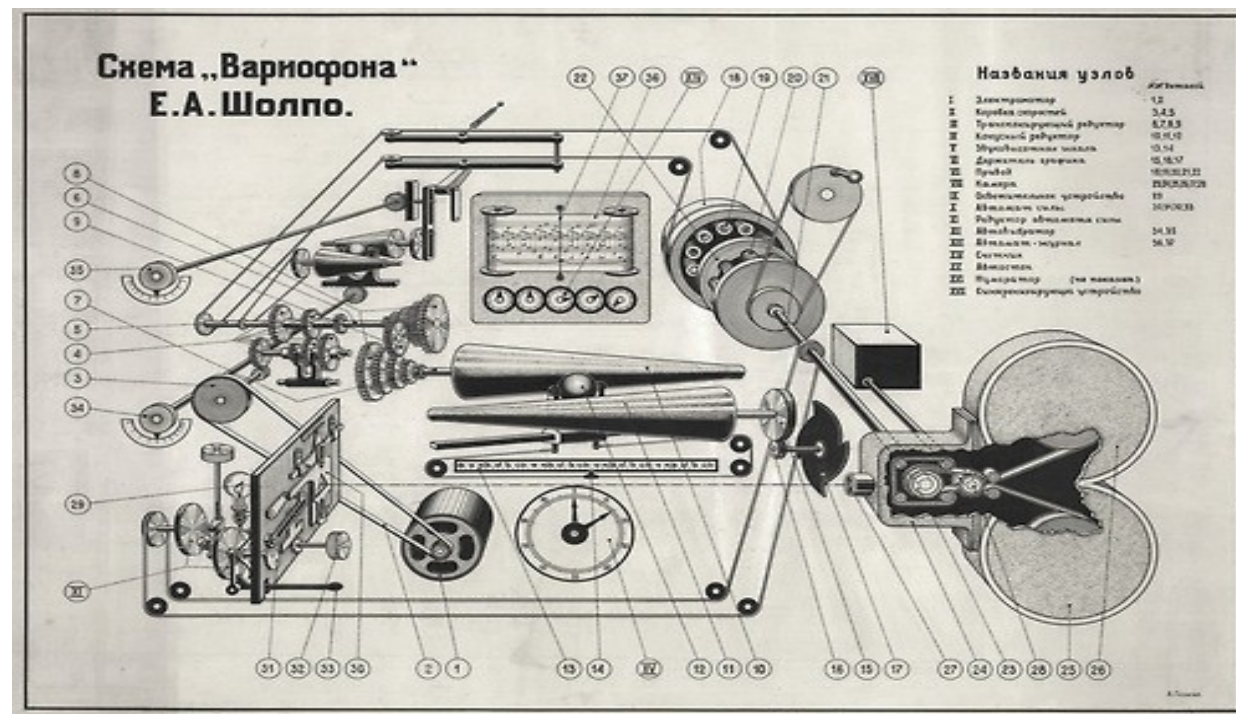
3.4.1.3. reprezentanti, vybrané nástroje s elektrooptickými rotačními generátory

- *Rhythmicon*, též *Polyrhythmophone* (1932), vynález inicioval skladatel Henry Cowell a vytvořil Lev Sergejevič Těrmen (Leon Theremin)
- nástroj je prvním automatem pro práci s rytmem, měl dva typy perforovaných disků, jeden pro tónové výšky, druhý pro rytmus, rytmus perforování byl rytmem opakování výšky tónu, tempo se ovládalo změnou otáček disku, nástroj umožňoval současně přehrávat až 16 různých rytmizovaných tónů (cca melodií), tónové výšky se ovládaly pomocí klávesnice



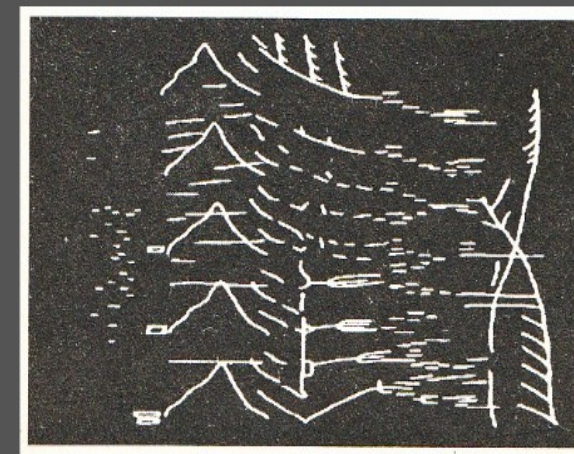
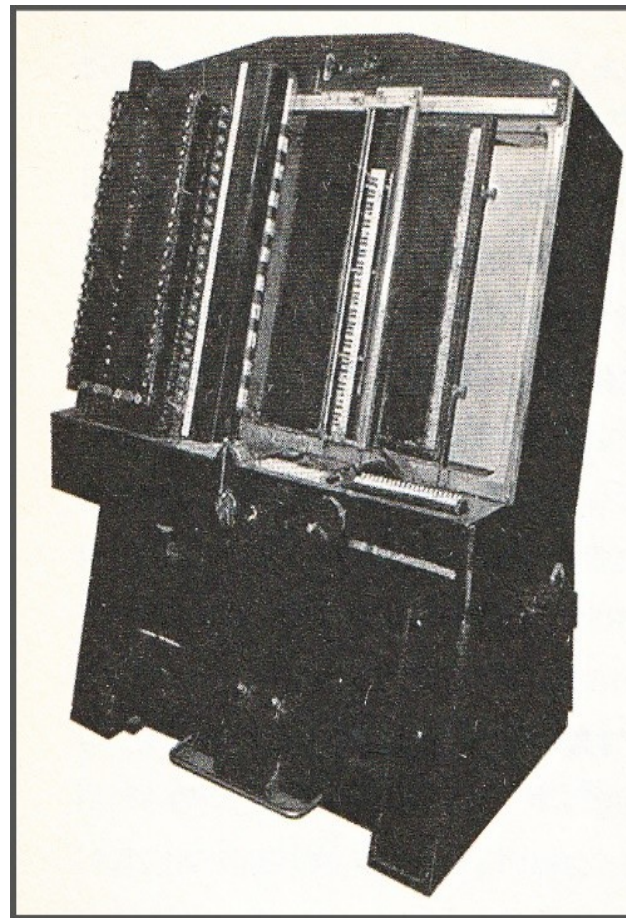
obr., Rhythmicon, též Polyrhythmophone (1932), u nástroje skladatel Henry Cowell, zdroj: <http://os.colta.ru/photogallery/12426/64693/>

- *Variofon* (1931), autoři skladatelé Jevgenij Alexandrovič Šolpo a Georgy Andrejevič Rimský-Korsakov, Leningradská konzervatoř, nedochováno
- experimenty s použitím filmového pásu, s kresbou na fotografický a obecně optickým materiálem, s vystřihováním a s tvary optického materiálu, analogie s promítacím strojem (promítačka), zvuk se „promítal“
- povaha optického materiálu (tvar, průsvitnost) jediným nástrojem tvorby zvuku (nástroj neměl klávesový manuál), možno tvořit krátké melodie, souzvučky a glissanda a tvořit z nich skladby (výrazný prvek náhody/nemožnost plné kontroly nad výsledkem)



obr., J.A. Šolpo u *Variofonu* a schéma jeho fungování, zdroj: ZHIVOVA, Angelina. *La musica nel cinema di animazione sovietico*. Disertace. Universita Degli Studi di Udine, 2020, s. 13.

- ANS (1958), nástroj je kompozičním nástrojem, název je odvozen od jména ruského skladatele Alexandra Nikolajeviče Skrjabina, autorem Alexandrovič Murzin, první problematická verze 1938, první funkční verze 1958
- signál generátoru byl upravován pomocí principu aditivní syntézy (skládání více signálů různých průběhů v jeden signál výsledný)
- zvukové generátory tvořeny pěti různou rychlostí rotujícími skleněnými disky na každém disku je naneseno 12 x 12 optických stop (12 oktáv) se záznamem sinusového průběhu
- optický signál procházel (byl modulován) přes rozměrnou skleněnou desku (60x80cm) pokrytou (zatemněnou) vrstvou pryskyřice, do zatemňující vrstvy bylo možné vyškrábat/nakreslit partituru (melografická notace) „Pro orientaci slouží svislé měřítko se značkami pro výšku tónů a vodorovné měřítko s časovými údaji. Deska se pohybuje pod snímacím zařízením tvořeným svislou řadou fotoelektrických článků převádějících světelné pulzy na elektrické kmity. Rychlost posuvu lze regulovat a tím ovládat tempo přehrávání bez ovlivnění výšky generovaných zvuků“ (GUŠTAR 2012)
- nástroj používal Alfred Schnittke, Sofiya Gubajdullina aj.



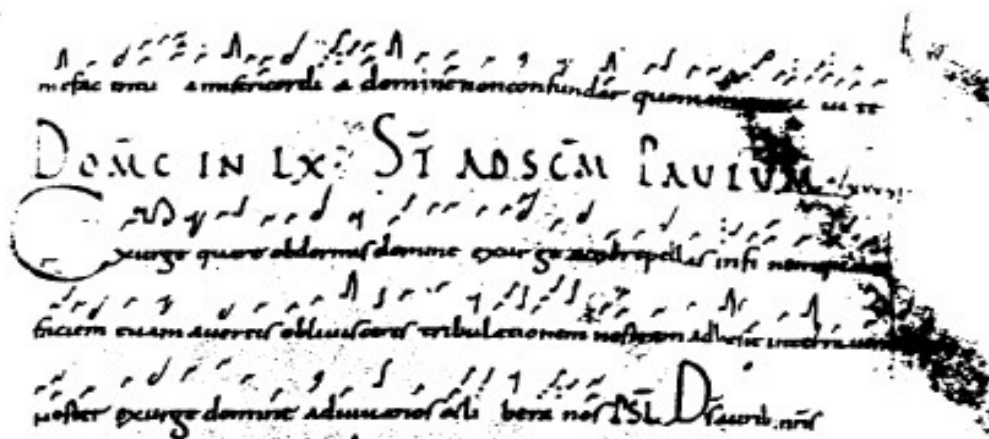
obr., systém ANS a „vyškrábaná“ partitura, zdroj: GUŠTAR, Milan. *Elektrofony, historie, principy, souvislosti; část 1 – elektromechanické nástroje.* Uvnitř, 2007, s.294

ukázka: [Sofia Gubajdullina, Vivente-nonvivente \(1970\)](#)

3.4.2. nové typy hudebního myšlení

- nástroje s rotačními generátory umožnily díky využití elektrooptických generátorů zapojení výtvarného/ vizuálního myšlení, které má do určité míry vazbu na tradici Západní hudby
- melografická notace (znázornění průběhu/vedení tónu/zvuku) umožněná systémem ANS je analogií **neumové notace** (grafémy znázorňující směr vedení melodie, konvenční noty jsou oproti tomu typem symbolické notace – shodli jsme se na tom, co který symbol znamená)
- vztah mezi vizuální reprezentací zvuku (např. notace) a jeho akustickým projevem se mohl stát předmětem zájmu skladatele
- systém ANS předjímá systém UPIC (I. Xenakis, 1972), který již využívá digitální počítač a umožňuje slovy autora „kreslení“ hudby na interaktivní „high resolution graphics tablet“

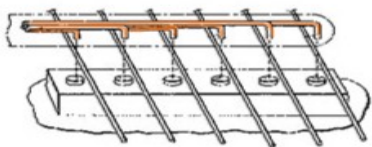
ukázka: [systém UPIC](#)



obr., **neumy** (znaky nad textem) určující směr vedení melodie, 9 stol., zdroj: RYBARIČ, Richard. *Vývoj Európsého notopisu*. Opus: 1992, s. 16.

3.5. nástroje s mechanickými kmity snímanými elektrickým zařízením

- nástroje s významnou shodou s nástroji akustickými (jsou to cca kopie s jinými rezonančními skříněmi/těly, typicky el. kytary, piana), bez snímání mechanických kmitů jsou ale prakticky nepoužitelné (tím se liší od nástrojů ozvučených/amplifikovaných tj. např. mikrofon u piana pro zvýšení hlasitosti)
 - snímání se děje pomocí snímačů, které kmity převádí na el. signál, jež je obvykle zesílen v zesilovači a reprodukován reprodukcí soustavou, běžně je signál po cestě mezi nástrojem a reproduktorem upraven (zvukové efekty typu hall, delay etc.)
- podle druhu snímání lze rozlišovat nástroje
 - elektrostaticky snímané
 - piezoelektricky snímané, zejména pro strunné nástroje (kytary, housle, piana)
 - elektromagneticky snímané, nejrozšířenější typ, oscilátorem běžně struny, jazýčky (harmonium, harmoniky), tyče/roury/desky (bicí nástroje typu vibrafon, zvonkohra etc.)
 - opticky snímané, cca výhradně pro strunné nástroje, struny jsou v cestě zdroji světla/paprsku, který je tak modulován/přerušován a dopadá na fotočlánek (drobné těleso nad strunou)



obr., optický snímač u kytary Hoag K – Max (1968) a schéma s vyznačenými fotočlánsky nad strunami (oranžová), zdroj: GUŠTAR, Milan. *Elektrofony, historie, principy, souvislosti; část 1 – elektromechanické nástroje*. Uvnitř, 2007, s.179.

3.5.1. reprezentanti, specifika hry a ovládání, vývoj

- hra je v základech shodná jako u akustických nástrojů, nástroje mají základní ovládací prvky stejné, efekty umožněné elektrifikací (přítomností elektriny) však umožňují relativně nekonečnou modifikaci hry/zvuku, typicky
 - nepřírozený průběh signálu/envelope, např. nekonečný dozvuk (sustain)
 - nepřírozená citlivost oscilátoru – hra dotykem na struny (tapping)
 - bezbřehá nabídka efektů, obligátně echo/delay, hall/reverb, distortion, chorus etc.
- nejstarší je princip elektrostatického snímání (20. léta 20.stol), zjev bezprostředně po zjevu elektronkových zesilovačů, k fungování potřeba vysoké napětí
- s příchodem polovodičů (2. pol. 20.stol) byl princip kvůli vysoké spotřebě opuštěn, ostatní principy následují:
 - elektromagneticky snímané, rozvoj od 30. let,
 - piezoelektricky snímané, používáno od 60. let
 - opticky snímané, od konce 60. let

3.5.1.1. reprezentanti, vybrané nástroje s elektromagnetickým snímáním

- většina elektrických kytar vč. značek *Fender*, *Gibson* nebo *Ibanez*
- nesčetné množství klávesových nástrojů, primárně elektrických pian s rezonátory v podobě ocelových plátků, kovových ladiček nebo strun
- populární např. řada nástrojů *Rhodes Piano* (1963), také cembala, např. *Combo Harpsichod* (1966)
- s rozšířením elektromagnetického snímáním lze spojovat **počátek éry samostatného basu hraného na klávesové nástroje (rocková, experimentální a jazzová hudba)**
- nástroj *Piano bass* (1960), klávesová náhrada basové kytary se srovnatelným rozsahem a účinkem, oscilátorem kovové hranoly (princip ladičky), používala např. skupina The Doors

ukázka: [Piano bass, 1960 \(f. Rhodes- Fender\)](#)

3.5.1.2. reprezentanti, vybrané nástroje s piezoelektrickým snímáním

- *Ashbory bass* (1985)
 - čtyř a pětistrunné basové kytary s gumovými strunami
- *Fender Electric Violin FV-1, FV-3* (1993)
 - populární „elektrické housle“
- *Electric Grand Piano CP -60, CP - 70, CP - 80* (1977)
 - přenosný (ve srovnání s akustickým pianem) nástroj s rozsahem koncertního piana (88 kláves)
 - polyfonní

ukázka: [electric grand piano CP 70](#)

3.5.1.3. reprezentanti, vybrané nástroje s optickým snímáním

- *LightWave Saber* (2000)
- basová kytara s odlehčeným tělem
- *LightWave Atlantis* (2006)
- kytara s odlehčeným tělem a relativně nulovým vlastním šumem
- *K-Max, Hoag K-Max* (1968)
- kytara *Hoag K-Max* a basová kytara *K-Max* s tradičním tvarem



obr., kytara Hoag K- Max a detail snímače a ovládacích prvků, zdroje: <http://www.podcomplex.com/blog/optical-pickup-technology-for-guitars>/<https://en.audiofanzine.com/misc-shape-guitar/hoag-guitars/K-Max/>

3.5.1.4. reprezentanti, vybrané nástroje elektrostatickým snímáním

- *Gibson L-5 Electric* (1923)
 - slavná kytara spojená s populární hudbou meziválečného období
- *Orgatron* (1930)
 - první hromadně vyráběné elektrické varhany v USA, rezonátorem ocelový jazýček
 - polyfonní
- *DynaTone* (1940)
 - unikátní nástroj domácí zábavy, spojení rozhlasového přijímače, gramofonu s měničem desek a elektrického piana, konstrukce umožňovala zároveň hru a poslech rádia nebo desky



obr., Orgatron f. Everett, zdroj:

<https://collections.nmc.ca/objects/355/everett-orgatron>

3.5.2. nové typy hudebního myšlení

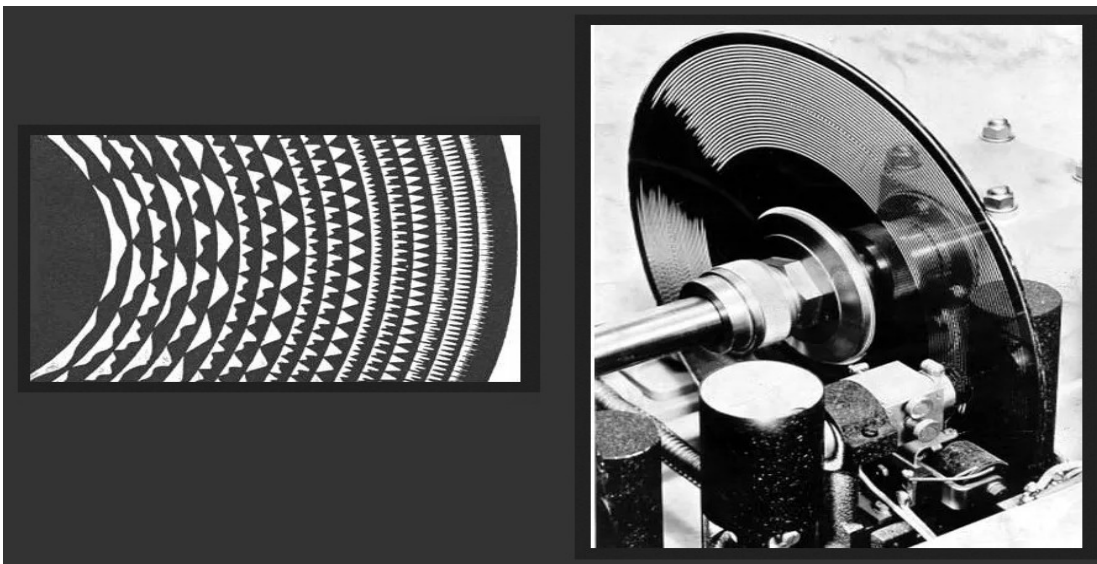
- nástroje s mechanickými kmity snímanými elektrickým zařízením umožňují nové typy hry na nástroje tradiční konstrukce/vycházející z nástrojů akustických (akustická a el. kytara, stále se hraje drnkáním na struny, ale lze to i netradičně)
- soustřední na se funkci snímání/způsob tvorby tónu, který ovlivňuje hru, typicky hra na kytaru s tlumením strun malíkovou hranou (rocková hudba) nebo techniky hry na basovou kytaru „slap“ (funk, jazz, rock etc)
- u nástrojů se snímáním se široce uplatňují el. zařízení pro zvukové efekty, typicky efekty pro kytary, jejichž používání je základem nových hudebních stylů (distortion nebo overdrive a hard rock či heavy metal etc.)

ukázka: [slap bass](#)

ukázka: [distortion a tlumení malíkovou hranou](#)

3.6. optofonické nástroje

- nástroje s elektromechanickými generátory, které využívají reprodukci optického záznamu zvuku, záznamovým médiem je obvykle filmový materiál nebo speciální disky analogické povahy
- princip je identický jako při reprodukci zvukového záznamu/stopy na filmovém pásu, zvuk je na médiu zaznamenán a **reprodukován** (tím se liší od nástrojů s rotačními el. optickými generátory, tam nedochází k reprodukci zaznamenaného zvuku), při reprodukci zvuk prochází úpravou
- výška tónu závisí dle konstrukce nástroj na rychlosti pohybu (obrazně: čtení) záznamu, na tvaru záznamu (perforace optických disků, tvar nosiče) a optických vlastnostech materiálu, průchodnost (intenzita světla) obvykle reguluje hlasitost
- podobně funguje čtení záznamu na CD



obr, jeden z 12-ti optických disků nástroje *Licht Ton Orgel* (1936), na levé straně detail, tvar záznamu umožňuje měnit barvu záznamu zvuku varhan, zdroj: <https://120years.net/the-welte-licht-ton-orgele-weltegermany1936/>

3.6.1. reprezentanti, specifika hry a ovládání, vývoj

- stejně jako nástroje s rotačními el. optickými generátory umožňují unikátní zapojení výtvarného myšlení/vizuálna do hudebního myšlení
- princip optického záznamu zvuku znám již od konce 19.stol. s výzkumem filmového materiálu
- masově rozšířeno s nástupem zvukového filmu (30. léta)
- první experimenty při výrobě hudebních nástrojů již 20. léta, první paten 1928 (Německo, Richard Michel „klávesový nástroj vytvářející hudbu elektricky“, nevyráběno)

3.6.1.1. reprezentanti

- *Varhany Welte, Licht-Ton-Organ, Phototone-Organ (1936)*
 - na 12-ti skleněných optických discích je záznam zvuku varhan, pro každou tónovou třídu jeden, rychlost otáčení pak umožňuje měnit oktávové polohy, tvar obrazce moduluje barvu
- *Orchestron (1975)*
 - řada přenosných nástrojů oblíbených v oblasti experimentálního rocku, využívala např. skupina Kraftwerk, typ jednoduchého sampleru
- DJ-CD (1990)
 - CD přehrávače imitující gramofon, CD je ovládán otočným ovladačem nebo přímo napodobenou talíře gramofonu, tím je umožněna i technika scratchingu, např. *Numax CDX*

ukázka: [Orchestron](#)

3.6.2. nové typy hudebního myšlení

- optofonické nástroje umožňují uplatnění výtvarného/vizuálního myšlení stejně jako nástroje s elektrooptickými rotačními generátory, současně ale umožňují ready made přístupy
- princip spočívající v reprodukci záznamu umožňuje postprodukční přístup typu DJing - práci s tím, co je zaznamenáno (*Varhany Welte* hrají zvuky jiných varhan)

citovaná literatura

GUŠTAR, Milan. *Elektrofony – historie, principy, souvislosti; část 1 – elektromechanické nástroje*. Uvnitř, 2007.

GUŠTAR, Milan. *Elektrofony – historie, principy, souvislosti; část 2 – elektronické nástroje*. Uvnitř, 2008.

GUŠTAR, Milan. ANS. *His Voice*, 15.08.2012. Online < <https://www.hisvoice.cz/milan-gustar-ans/> >