

studijní podpora předmětu

ELEKTROFONY

(5)

pátý tematický okruh

ELEKTRONICKÉ NÁSTROJE – ANALOGOVÉ NÁSTROJE, PRVNÍ POLOVINA 20. stol.,

analogové nástroje a avantgarda

témata pátého tematického okruhu

- analogové elektronické nástroje, okolnosti vzniku, nové vynálezy a ideje
- avantgarda a futurologie
- základní pojmy, VCO, CV, VCA, VCF, LFO, NG etc., pojem „obvod“
- ikonické nástroje a realizace artificiální hudby
- nové typy hudebního myšlení
- novost a étos moderny, umění a výzkum
- nové techniky hry a ovládání

1. analogové elektronické nástroje, okolnosti vzniku, nové vynálezy a ideje

- elektronické nástroje obecně generují kmity bez použití mechanických pohyblivých dílů, vytvářené kmity jsou elektrické a tvoří se a regulují vhodně zapojenými elektrickými obvody (práce s napětím), obecný model elektronického nástroje může být:
výstupní signál elektronického oscilátoru -> úprava (filtr) -> zesílení (zesilovač) -> vyzáření (reproduktor)
- analogové nástroje pracují se spojitými elektrickými kmity (*spojitý* tj. cca plynule/hladce přecházející bez stupnicového/terasovitěho/skokového průběhu z jedné hodnoty ke druhé, opakem jsou *diskrétní* hodnoty, jenž umožňují vzniknout prostoru mezi sebou, např. 1 a 2 a nekonečná řada čísel mezi nimi, mezi kterými jsou sice minimální, ale další prostory, které lze stejným způsobem dělit etc.)
- analogové nástroje měly význam pro hudební (artificiální) avantgardu zejm. v první polovině 20. stol., a později pro rockovou a obecně non-artificiální hudbu, zejména pro experimentální hudbu 60 a 70. let (dnes předmětem retro tendencí)

1.1. okolnosti vzniku analogových elektronických nástrojů, nové vynálezy a ideje

- vzniku elektronických nástrojů obecně předcházela vznik elektromechanických nástrojů a
 - snaha nahrazení lidské práce (el. poháněné nástroje)
 - objevování elektrické energie a elektrického proudu, všeobecná elektrifikace (19.stol.)
 - objevy v oblastech, které souvisí s rozvojem telekomunikace tj. primárně přenášení a záznam zvuku (zpracování a modulování elektrického signálu)
- první přístroje schopné vytvářet zvuk čistě elektronickou cestou již na konci 19. stol., následný rozvoj v meziválečném období zejména díky uplatnění v avantgardní artificiální hudbě (elektronické nástroje si tedy vyzkoušela jako první tzv. vážná hudba), nejproslulejší/ikonické jsou
 - Theremin/Thereminvox (1920)
 - Ondes Martenot/Martenotovy vlny (1928)

1.1. okolnosti vzniku analogových elektronických nástrojů, nové vynálezy a ideje

- vzniku elektronických nástrojů obecně předcházela vznik elektromechanických nástrojů a
 - snaha nahrazení lidské práce (el. poháněné nástroje)
 - objevování elektrické energie a elektrického proudu, všeobecná elektrifikace (19.stol.)
 - objevy v oblastech, které souvisí s rozvojem telekomunikace tj. primárně přenášení a záznam zvuku (zpracování a modulování elektrického signálu)
- první přístroje schopné vytvářet zvuk čistě elektronickou cestou již na konci 19. stol., následný rozvoj v meziválečném období zejména díky uplatnění v avantgardní artificiální hudbě (elektronické nástroje si tedy vyzkoušela jako první tzv. vážná hudba), nejproslulejší/ikonické jsou
 - Theremin/Thereminvox (1920)
 - Ondes Martenot/Martenotovy vlny (1928)

1.1.1. základní principy a pojmy

- elektrické kmity u analogových nástrojů jsou zpracovávány v přímé analogii jako kmity mechanických oscilátorů:
 - elektrické kmity nahrazují mechanický *oscilátor* (např. struna)
 - zdroj energie je v roli *napaječe* (např. smyčec u houslí)
 - *zesilovač* hlavního oscilátoru (např. tělo houslí – obě desky a lub) je elektronický (stejně jako zesilovač u HiFi soupravy)
 - *vyzařovač* hlavního oscilátoru (např. horní deska houslí) je nahrazen reproduktorem
- oscilátory produkují obvykle dva základní typy signálu:
 - neperiodické tj. ruchy, hluky a šumy, zde různé typ šumu (bílý, růžový, hnědý etc)
 - periodický (tj. základ tónu)
- běžné typy průběhu jednoduchých periodických signálů tj. obvyklé tvary signálu (wave form) k filtrování pro změnu barvy (obecně pro změnu povahy signálu) nebo k syntéze tj. ke skládání více signálu k sobě:
 - sinusový (neobsahuje vyšší harmonické - není co filtrovat, primárně zdroj pro aditivní syntézu)
 - pilový (obsahuje sudé i liché vyšší harmonické)
 - trojúhelníkový (obsahuje liché vyšší harmonické)
 - obdélníkový, pokud obě úrovně/setrvání na horní nebo spodní úvratí trvá stejně dlouho tj. *střída* [duty cycle – DCL, tj. poměr časů] je 1:1, pak obsahuje liché, pokud se střída odlišuje od poměru 1:1, objevují se i sudé vyšší harmonické

1.1.1.1. základní pojmy, VCO, CV, VCA, VCF, LFO, NG, pojem „obvod“

- základní součásti analogových elektronických nástrojů jsou zvukové generátory (oscilátory), jejichž frekvence je řízena velikostí přiváděného napětí, stejným způsobem jsou řízené filtry a zesilovače, el. analogové nástroje lze chápat jako řadu „obvodů“ a práci s nimi jako kontrolu/práci s napětí(m), výběr z pojmů/zkratek (více a detailněji, GUŠTAR 2008, str. 25 – 45)
- VCO (voltage controlled oscillator) - tj. napětím řízený oscilátor
- CV (control voltage) označuje obecně kontrolu napětí, míněno napětí „ladícího“ (výška tónu)
- NG (noise generator) označuje generátor šumu (obvykle jako náhodný, neperiodický)
- LFO (low frequency oscillator) označuje nízkofrekvenční oscilátor běžně používaný jako modulační
- S&H (sample and hold) označuje vzorkovací obvod
- VCF (voltage controller filter) označuje napětím řízený filtr
- EG (envelope generator) označuje generátor obálky, tj. čas a amplituda (časový průběh signálu/attack, decay, sustain, release)
- VCA (voltage controlled amplifier) označuje napětím řízený zesilovač

2. analogové elektronické nástroje, první polovina 20. století

- analogové elektronické nástroje jsou většinou nástroji klávesovými, hra tak může být podobná jako na akustické nástroje (piano, varhany etc.), zároveň je umožněna hra zcela mimo rámec tradičního ovládání, zejména prostřednictvím
- tvorby zvuku v reálném čase prací s potenciometry/filtry/obvody (modulování a syntéza signálu), přístup k tvorbě neomezený na tradiční kombinování délek a výšek tónů různých dynamik a barev
- ovládání neobvyklými ovládacími prvky (např. bezdotyková hra na Theremin)
- od konce 20 let (pro praktické použití až v poválečném vývoji) existují automatické analog. el. nástroje umožňující ovládání typem programování, viz Elektrofony 6
- nejstarší analog. nástroje vznikly na konci 19. stol.
- *Zpívající oblouk/ Singing Arc* (William Du Bois Duddell ,1899), zvuk generován výjimečným způsobem tj. elektrickým obloukem, původně snaha odstranit rušivé zvuky vydávané obloukovou lampou (nástroj byl původně lampou), prezentováno jako unikát, ne jako perspektivní hud. nástroj (princip pak použit v 80. letech 20.stol. pro výrobu tzv. plazmových reproduktorů, firma Magnat)
- *Elektrický systém pro vytváření hudebních tónů* (Frank E. Miller, 1915), zvuk reprodukován telefonním sluchátkem, nástroj připomínal psací stroj (klapky jako ovladače spínání obvodů)

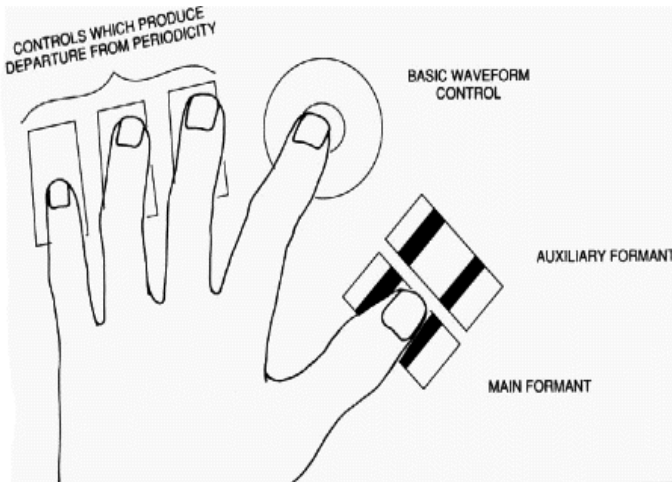
2.1. reprezentanti, meziválečné období a 40 léta

- Voder, vocoder (1939)
- Vocoder, tj. Voice Coder, unikátní zařízení kombinující syntetizér a efektové zařízení, jenž iniciovalo vznik řady hudebních nástrojů samostatné kategorie (Moog aj.), zprvu zařízení pro kvalitní přenos lidské řeči telefonem
- Voder , tj. Voice Operating Demonstrator, návaznost na Vocoder, syntetizér s cílem simulovat lidskou řeč, lidská řeč byla syntetizována z periodických signálů proměnlivé frekvence a bílého šumu (pro sykavky), ovládání pomocí pedálu (změna frekvence) a dvou tlakových klávesnic (pro každou ruku jedna)
- pro stavbu hudebních nástrojů využíváno až od 70. let 20. století slavné vocodery firmy Moog

ukázka: [Voder, prezentace v roce 1939](#)

- Ondioline (1941)
- oblíbený nástroj populární hudby až do 70. let, také mikrotonální verze
- pro vícehlasou hru
- unikátní ovládání hlasitosti nástroje pákou určenou k ovládání pohybem kolena do strany, hlasitost také ovládána tlakem na klávesu

- Electronic Sackbut (1948)
- unikátní experimentální klávesový nástroj předjímající nové typy ovládání
- autorem skladatel a konstruktér, jeden z prvních autorů el. hudby Hugh Le Caine
- původní verze monofonní
- tlakově citlivá klaviatura, tlakem na klávesu narůstá hlasitost hraného tónu, tlakem do stran dochází k ohýbání tónu směrem nahoru nebo dolů (glissando), posuvem prstu po klávěse se mění barva tónu
- pro levou ruku ovladače určené k modulaci signálu, k změně tvaru průběhu (wave form) a k regulaci formantů



obr, Electronic Sackbut, ovladače pro levou ruku,
zdroj: <http://www.hughlecaine.com/images/sb6.gif>



obr. Electronic Sackbut, zdroj:
<https://ingeniumcanada.org/scitech/artifact/hugh-le-caine-electronic-sackbut-synthesizer>

2.1.1 reprezentanti, ikonické analogové nástroje avantgardy artificiální hudby, unikátní nástroje

- Theremin, Těrměňvox, Thereminvox, Etherphone, Aerophon (1920)
- unikátní a ikonický nástroj, původně princip alarmu (lidské tělo ovlivňuje frekvenci elektromagnetického pole chráněného prostoru, zvuk upozorní na narušitele)
- výchozí název *Etherphone*, autor Lev Sergejevič Těrměn (Leo Ssergejewitsch Theremin)
- původní verze monofonní
- hra spočívá pohybem ruky v elektromagnetickém poli (kolem antény přístroje), kapacita (cca el. náboj) lidského těla reaguje s frekvencí oscilátoru nástroje (zdroje vytvářejícího pole), výsledkem je frekvence zpracována v analogii mechanického kmitu
- řada modifikací, ve 20 letech možnost regulovat výšku, délku a hlasitost, rozsah odpovídal violoncellu, pro tvorbu krátkých a staccatových tónů bezdotykové spínače pro levou ruku (analogie hmatníku)
- později vyráběno v různých podobách, při zachování původního principu (bezdotyková hra) vyráběno dodnes
- pro Theremin psal Edgar Varése, John Cage, Bohuslav Martinů aj.

ukázka [Lev Sergejevič Těrměn hraje na svůj nástroj skladbu Deep Night](#)

- Ondes Martenot, Ondes musicales, Martenot, Martenotovy vlny (1928)
- unikátní a ikonický nástroj, nikdy se nevyráběl sériově ale na zakázku pro daného skladatele, každý nástroj má více méně odlišnou konstrukci
- původní název Ondes musicales (hudební vlny), autorem violoncellista a telegrafista Maurice Louis Eugéne Martenot
- obvykle pro vícehlasou hru
- výchozí princip je založen na interferenci dvou frekvencí, jedna je pevná, druhá se mění, první verze nástroje opatřena 1,5 táhlem (cca lanko), hráč stojí před nástrojem a posunem kovovým kroužkem po délce lanka moduluje výšku tónu
- v následující verzích lanko uloženo podél symbolicky naznačené klávesnice sloužící pro orientaci ve výšce tónu, později nástroj opatřen klávesnicí a lanko sloužilo zejména pro tvorbu glissanda (podobně jako vibra-páka u elektrické kytary)
- pro Ondes Martenot psal Darius Milhaud, Olivier Messiaen, později Pierre Boulez aj.

[ukázka: prezentace Ondes Martenot cca kolem 1935](#)

[ukázka: Ondes Martenot, pozdější verze, detail hry – základní princip](#)

- Trautonium (1930)
 - unikátní nástroj, různé verze, sériově vyráběn jen krátce ve 30. letech jako Volkstrautionium Telefunken, v současnosti nová verze s MIDI rozhraním, firma Doepfer Musik - Elektronik
 - autorem akustik a elektrotechnik Friedrich Adolf Trautwein
 - první verze monofonní, další již pro vícehlasou hru
 - nástroj svou konstrukcí připomíná piano, na místo klaviatury ale úzký hmatník s později naznačenými výškami tónu, hra se provádí pohybem prstů po hmatníku (na konci 30. let tlakový)
 - pozdější verze doplněny také „jazýčky“ nad hmatníkem (analogie kláves)
 - technika hry umožňuje glissando, stejně jako řadu zvukových efektů v závislosti na nastavení oscilátoru
 - hlasitost se původně ovládala pedálem
 - pozdější verze od 40 let vyvíjel virtuos na Trautonium, skladatel Oskar Sala, známé zejména více manuálové *Mixturtrautonium* s možností přidávat další sub-harmonické složky
 - pro Trautonium psal Oskar Sala, Paul Hindemith aj.

ukázka: [prezentace Trautonia, 1941](#)

ukázka: [Mixturtrautonium, pozdější verze od 60. let a uplatnění ve filmu](#)

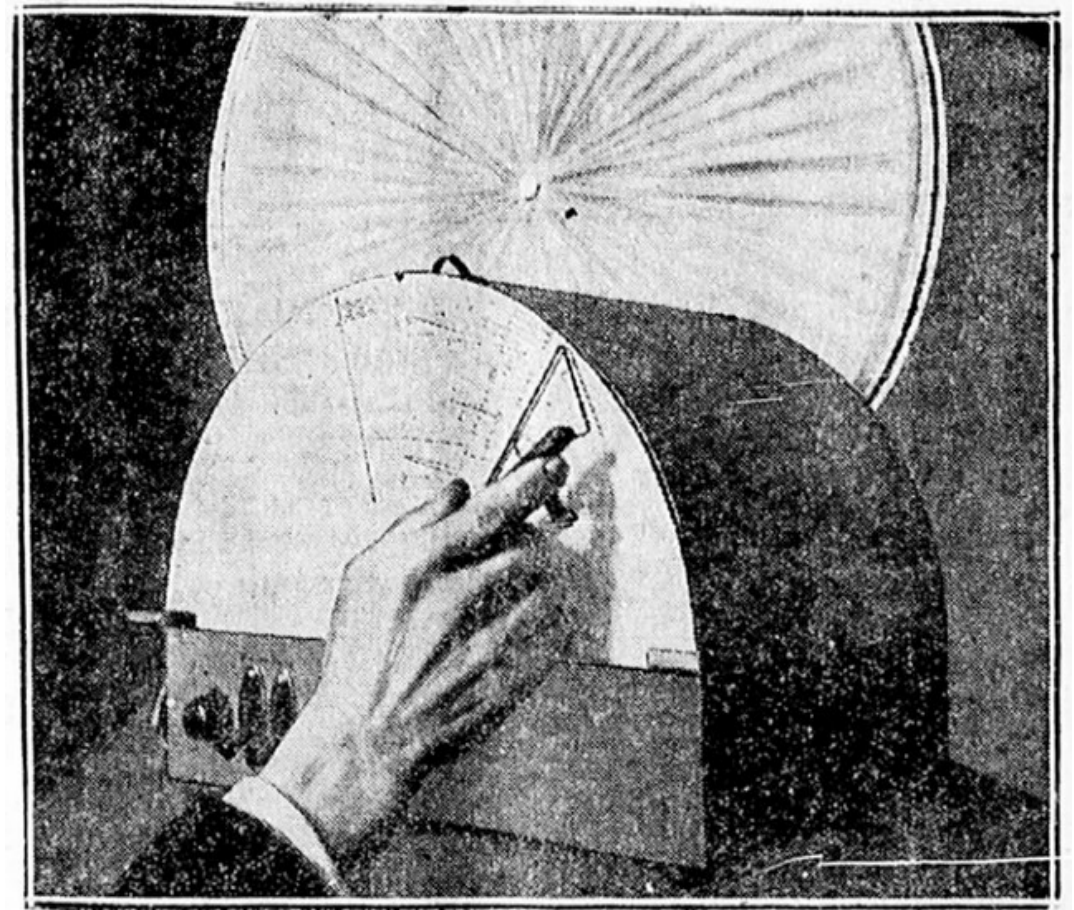
ukázka: [Mixturtrautonium, detail hry – základní princip](#)

- Melochord (1947)
- nástroj proslavený „kolínskou avantgardou“ tj. skladatelé pracují ve Studio für Elektronische Musik při Westdeutscher Rundfunk, Kolín na Rýnem (1953), jehož byl nástroj součástí
- autorem konstruktér Herald Bode
- dvouhlasý
- klávesový nástroj s rozsahem pěti oktáv, pro kolínské studio nová verze se dvěma manuály
- nástroj umožňoval konvenční hru doplněnou řadou formantových filtrů přeladovaných dle výšky hraného tónu, hra na pozdější verzi umožňovala ovlivňovat barvu tónů jednoho manuálu hrou na manuál druhý
- nástroj variabilitou zvuku považován za předobraz digitálních syntetizérů
- pro Melochord psal/využíval Karlheinz Stockhausen, Herbert Eimert, György Ligeti aj.



obr., Melochord, verze se dvěma manuály, zdroj: archiv autora

- Monochord (1950)
 - stejně jako Melochord i Monochord byl součástí Studio für Elektronische Musik při Westdeutscher Rundfunk a je spojen s „kolínskou avantgardou“
 - autorem konstruktér Adolf Trautwein
 - monofonní
 - Monochord vznikl úpravou koncertní verze Trautonia, byl vybaven tlakovou klávesnicí pro řízení dynamiky tónu, celková dynamika ovládaná pedálem
- Dynaphone (1927)
 - jeden z prvních nástrojů první vlny analogových elektrofonů, v jejich konkurenci se ale neprosadil (byť mu dělal reklamu Edgar Varése – sám jej ale nepoužil)
 - autor inženýr René Bertrand
 - monofonní
 - nástroj neměl klaviaturu, ovládal se otáčením potenciometru na čelní desce přístroje, čímž docházelo ke změně výšky tónu, pro artikulaci a barvu sloužily další spínače
 - pro Dynaphone vzniklo několik skladeb, např. hudba k baletu Roses de métal pro tři Dynaphony a piano, Arthur Honneger (1928)



obr., Dynaphone, zdroj:
<https://120years.net/the-dynaphonerene-bertrandfrance1927/>

3. ikonické realizace a nové typy hudebního myšlení

- Edgar Varése, *Ecuatorial*, pro osm žesťových nástrojů, piano, varhany, sbor, bicí a dva elektronické nástroje, 1934
- Edgar Varése, zásadní postava hudby 20. stol. obecně, solitér a personifikace avantgardního přístupu jako takového, od 70. let druhá vlna zájmu o jeho tvorbu ze strany představitelů spektrální hudby
- původní verze skladby *Ecuatoria* pro dva Thereminy, v publikované partituře ale nahrazeny dvěma nástroji Ondes Martenot
- ukázka kombinuje O.Martenot a Theremin

ukázka: [Edgar Varése, Ecuatorial, nahrávka](#)

- ukázka provedení využívá dva nástroje O. Martenot a dig. syntetizér Kurzweil, který nahrazuje varhany

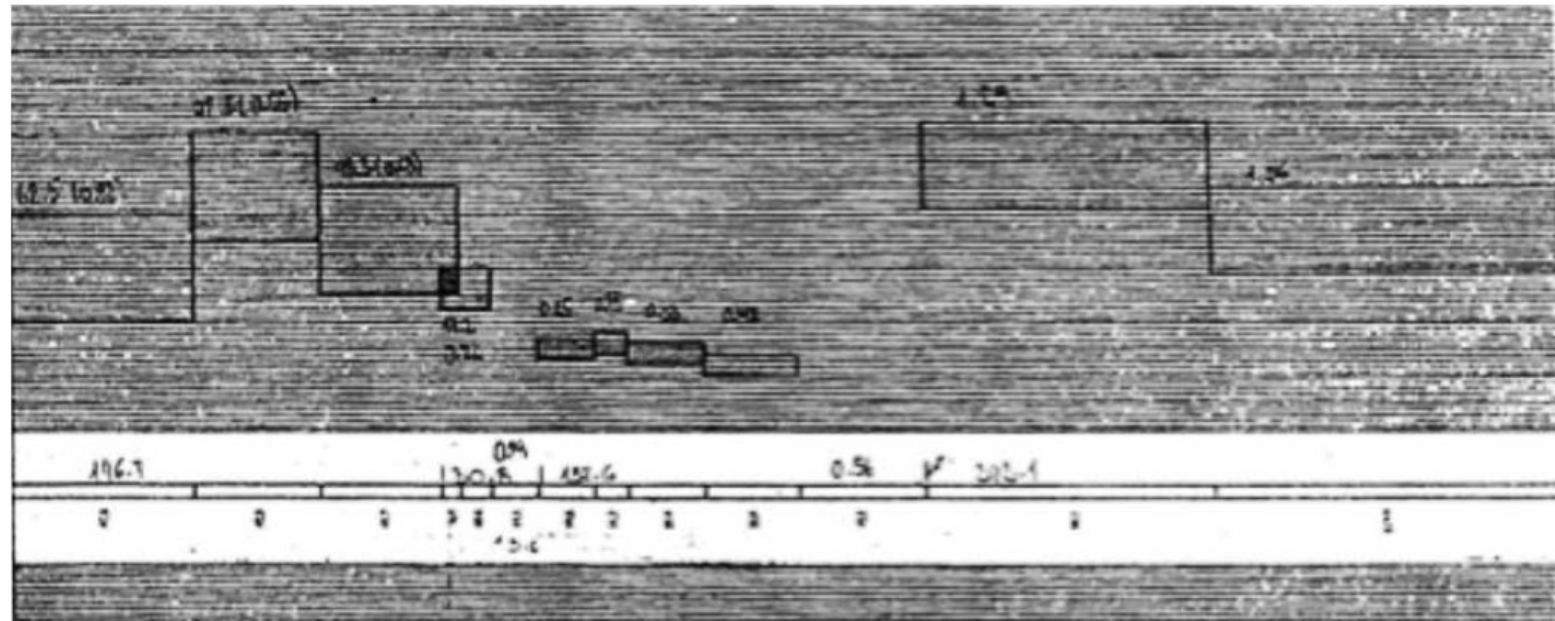
ukázka: [Edgar Varése, Ecuatorial, záznam provedení s 2 x O.Martenot](#)

- Olivier Messiaen, *Fête des belles eaux*, pro šest Ondes Martenot, 1937
- Olivier Messiaen, významná postava hudby 20. století obecně, významný také jako pedagog a učitel řady dalších významných osobností
- jeden z prvních skladatelů, kteří se začali věnovat komponování pro elektronické nástroje a zejména pro O. Martenot, *Fête des belles eaux* je jeho první skladbou pro O.Martenot

ukázka: [Olivier Messiaen, Fête des belles eaux, část č. 6., nahrávka](#)

ukázka: [Olivier Messiaen, Fête des belles eaux, ukázka provedení](#)

- Karlheinz Stockhausen, Studie II, použity dva generátory sin. signálu, generátor bílého šumu, melochord, monochord a upravené Trautonium, 1954
- Karlheinz Stockhausen, zásadní postava poválečné avantgardy (seriální hudba), průkopník elektronické hudby
- Studie II patří mezi první významné elektronické kompozice vůbec
- vytvořeno v Studio für Elektronische Musik při Westdeutscher Rundfunk



obr., Karlheinz Stockhausen, Studie II, část původní partitury, partitura je dvourozměrným grafem, na horizontále je čas, na vertikální ose byly vyneseny frekvence zdroj: archiv autora

ukázka: [Karlheinz Stockhausen, Studie II, video s prezentací real – time partitury adaptované pro počítač](#)

3.1. nové typy hudebního myšlení

- analogové elektronické nástroje umožnily skladatelům realizovat takové hudební myšlení, které v základních rysech odpovídalo idejím futurismu: radikální novost - nový zvuk, ne-tónový materiál hudby (ruchy, hluky, šумы)
- koresponduje s tím skutečnost, že první skladby pro analogové el. nástroje vytvářeli skladatelé hudebního modernismu/avantgardy, moderna a novost jako její klíčová idea/etos, postoj: **umění je výzkum**
- analogové el.nástroje umožnily primárně
- realizování plynulých přechodů mezi tóny (glissando) i při hře na klávesové nástroje
- vytváření netypických technik hry pomocí ovladačů typu potenciometr, tlakové klávesy/dotykové klávesy (tradiční kompetence typu hra na piano se stává – ještě více – zbytná)
- vytváření neobvyklých zvukových objemů/zvukových průběhů – „stop“ a zaměření se na zvuk/zvukovou událost jako na nositele hudebního sdělení (a ne na a priori budování struktur z juxta nebo supra pozice), zde počátky elektronické (experimentální, ne a priori taneční) hudby v dnešním slova smyslu, počátky myšlení, které reflektuje sonologie jako obor
- užívání analog. el. nástrojů si (v rámci artificiální hudby) udrželo avantgardní charakter cca do konce 50 let, po té se nositelem takového typu avantgardnosti (postoj typu: užívám nové technologie a proto jsem avantgardní) staly digitální nástroje
- 60 léta, významným střediskem Studio for Electronic Music (STEM) tj. pozdější Institute of Sonology, Nizozemí, iniciátorem/představitelem Gottfried Michael Koenig
- 70 léta, významným střediskem Institut de Recherche et de Coordination Acoustique/Musique (IRCAM), Francie, zakladatelem Pierre Boulez

citovaná literatura