

PATENTNÍ ÚŘAD
REPUBLIKY



ČESKOSLOVENSKÉ.

Třída 21 a.

Vydáno 25. února 1935.

PATENTOVÝ SPIS č. 50591.

RADIO CORPORATION OF AMERICA, NEW YORK (Sp. St. A.).

Zařízení na přijímání zvuku.

Přihlášeno 19. května 1933.

Žádáno o prioritu z 20. května 1932
(Sp. St. A.).

Chráněno od 15. října 1934.

Vynález se týká zařízení na přijímání zvukových kmitů, zvláště páskových mikrofonů. Hlavním účelem vynálezu je zlepšiti přijímací zařízení tak, že zachycuje zvuk, který je přijímán z určité směrové oblasti a nezachycuje zvuk, který není přijímán z této oblasti.

Mikrofon anebo skupina mikrofonů podle vynálezu se vyznačuje tím, že část orgánu, resp. orgánů pohyblivých vlivem zvukových vln, reaguje na tlak a část na tlakový spád vln.

Vynález bude objasněn na základě přiložených výkresů. Obr. 1 je nárys mikrofonu podle vynálezu. Obr. 2, 3 a 4 je příslušný bokorys, resp. pohled zezadu, resp. pohled zdola. Obr. 5 znázorňuje úpravu zapojení pro mikrofon. Obr. 6—8 objasňují různé vlastnosti rychlostního anebo tlako-spádového mikrofonu. Obr. 9—11 objasňují patřičné vlastnosti mikrofonu reagujícího na tlakovou složku zvukové vlny. Obr. 12 objasňuje směrový účinek tlako-spádového mikrofonu, tlakového mikrofonu a mikrofonu podle obr. 1—5 a obr. 13 objasňuje pozorovaný směrový účinek zlepšeného mikrofonu.

Aby vysílání zvuku od bodu k bodu anebo od plochy k ploše se dělo pokud možno s velkým výtěžkem a nejmenšími rušivými šelesty reflektujících ploch, používalo se u známých zařízení jako zvukových zdrojů pro reprodukci zvuku na velkou vzdálenost dosud téměř výhradně směrových vysílačů zvuku. Takový směrový účinek ukázal se žádoucím také při přijímání zvuku, aby se zlepšil poměr mezi přímým a nějak reflektovaným zvukem a také ostatně byly vyřazeny patřičným způsobem rušivé šelesty.

Jedním z hlavních faktorů u směrového přijímání zvuku je prostorový úhel, aby zvuk byl přijímán bez značného zeslabení. Tento úhel musí býti tak veliký, že zahrnuje střední oblast účinnosti. Současně však musí býti úhel tak malý, že se značně zvětší možnost vyřazení rušivých šelestů. Jinou podmínkou je směrová vlastnost, jež nezávisí na frekvenci.

Soustava, která nevykazuje tento význak, vykazuje závadu skreslení frekvence. Následkem širokého frekvenčního pásma zvukového spektra je použití směrových soustav, jež jsou závislé na interferenci, zvláště znesnadněno a zkomplikováno, má-li se docílití stejnosměrných směrových vlastností.

Páskový mikrofon je příkladem jednoduché směrové přijímací soustavy, u níž směrový účinek je nezávislý na frekvenci. Páskový mikrofon je akustický doublett, to znamená, že reagování je funkcí \cos úhlu sevřeného kolmicí na pásek a směrem šíření dopadajícího zvuku. Páskový mikrofon je tlako-spádovým mikrofonem a reaguje na rychlostní složku zvukové vlny. Kombinací tohoto druhu mikrofonu s mikrofonem, který reaguje na tlakovou složku zvukové vlny, se obdrží směrový mikrofon, který bude popsán na základě obr. 1—5.

Tlako-spádový páskový mikrofon sestává z lehkého vlnitého kovového pásku, který je zavěšen v magnetovém poli a po obou stranách volně přístupný pro zvukové kmity. Kmitání pásku následkem dopadající zvukové vlny vyvolá indukci elektromotorické síly, která odpovídá kolísáním dopadající zvukové vlny.

Přední strana a zadní strana pásku jsou odděleny akustickou drahou Δx . Uspořádá-li se tato soustava ve zvukovém poli plochých vln, stává mezi oběma stranami pásku následkem fázového rozdílu mezi oběma stranami tlakový rozdíl. Tímto tlakovým rozdílem následkem fázového rozdílu ovládá se pásek v páskovém mikrofonu.

V dalším se předpokládá zvukové pole plochých vln. Je-li tlak působící na přední stranu pásku

$$1. p = Kc \varphi A \sin K \left(ct - \frac{\Delta x}{2} \right),$$

$$\text{kde } K = \frac{2\pi}{\lambda}$$

γ = vlnová délka,

Δx = akustická dráha mezi oběma stranami pásku,

c = rychlost šíření,

A = amplituda φ a

φ = rychlostní potenciál.

Tlak na zadní stranu pásku je

$$2. p = Kc \varphi A \sin K \left(ct + \frac{\Delta x}{2} \right).$$

Výsledný tlak na pásek se rovná tlakovému rozdílu mezi oběma stranami a vyplývá z rovnice

$$3. \Delta p = -2 Kc \varphi A \cos (Kct) \sin \left(\frac{K \Delta x}{2} \right).$$

Rychlost pásku je dána

$$4. x = \frac{\Delta p S_g}{jX_{rg} + Z_{ag}},$$

kde $\Delta p S_g$ = celkový tlakový rozdíl, jímž je pásek ovlivňován,

X_{rg} = reaktance následkem hmoty pásku,

Z_{ag} = impedance následkem zatížení pásku vzduchem,

S_g = povrch pásku,

$Z_{ag} = R_{ag} + jX_{ag}$.

Pásek je vzdálen několik milimetrů od pólových nastavek magnetové soustavy. Takto obdržená vzduchová mezera způsobí mechanickou impedanci. Obecně je impedance následkem přítomnosti vzduchové me-

zery velká vůči reaktanci následkem hmoty pásku a může být zanedbána. Reaktance X_{rg} následkem hmoty pásku a složky vzduchového zatížení Z_{ag} jsou udány v obr. 6.

Vybuzená elektromotorická síla indukovaná následkem pohybu pásku je

$$5. \quad E = Bl_v x = \frac{Bl \Delta p S_g}{jx_{rg} + Z_{ag}}$$

kde B = hustota silotoku,

l_v = délka pásku,

S_g = povrch pásku.

Elektromotorická síla vybuzená páskem a vypočítaná z rovnice je znázorněna v obr. 7. Jak zřejmo, odpovídají výsledky pokusů teoreticky předpověděné frekvenční charakteristice.

Uvedená pozorování platí pro případ, že směr šíření je kolmý k rovině pásku. Svírá-li kolmice k přední stěně strany mikrofону s čarou šíření úhel θ , násobí se akustická dráha od přední strany k zadní straně pásku faktorem $\cos \theta$. Je-li $\theta = 90^\circ$, je tlakový rozdíl mezi oběma stranami nulový a pásek se nepohybuje. Pozorovaný směrový účinek tohoto mikrofону je udán v obr. 8.

Rychlost pásku z rovnice (4) lze psát takto:

$$6. \quad x = -2S_g Kc \varphi A \frac{\sin Kct \sin \psi + \sin\left(Kct + \frac{\pi}{2}\right) \cos \psi}{R_{ag}^2 + (X_{rg} + X_{ag})^2} \sin \frac{K \Delta x}{2} \cos \theta,$$

$$\text{kde } \psi = \arctg \frac{X_{rg} + X_{ag}}{R_{ag}}.$$

θ = úhel mezi směrem šíření a kolmicí na rovinu pásku. Fázový úhel mezi tlakem při $x = 0$ a x z rovnice (6) je znázorněn v obr. 6.

Reagování popsaného tlako-spádového páskového mikrofону je mírou pro rychlostní složku zvukové vlny. Vhodným pozměněním lze učiniti tento přístroj vhodným pro reagování na tlakovou složku zvukové vlny. Dále bude popsán způsob, jímž lze toho docílit.

V této mechanické soustavě je rychlost určena

$$7. \quad x = \frac{F}{Z_p} = \frac{p S_p}{Z_p},$$

kde x = rychlost,

p = tlak zvuku,

S_p = povrch pásku,

Z_p = celková mechanická impedance.

Vybuzená elektromotorická síla indukovaná pohybem pásku je určena

$$8. \quad E = Bl_v x,$$

kde B = hustota silotoku,

l_v = délka pásku.

Je-li impedance Z reálná a nezávislá na frekvenci, potom je indukovaná elektromotorická síla nezávislá na frekvenci.

Aby se učinil páskový mikrofón vhodný pro reagování na tlak, je zadní strana pásku uzavřena mechanickým odporem, který je vůči reaktivním složkám veliký. Impedance celé mechanické soustavy je určena

$$9. \quad Z = jX_{rs} + R_{rs} + jX_{os} + R_1,$$

kde X_{rs} = reaktance následkem hmoty pásku,
 $R_{rs} + jX_{os}$ = zatížení vzduchem na otevřené straně pásku,
 R_1 = odpor na zadní straně pásku.

Podobně jako u tlako-spádového mikrofonu lze zanedbat impedanci následkem přítomnosti vzduchové mezery mezi páskem a pólovými nástavky.

Z rovnice (9) vyplývá, že pro udržování konstantní rychlosti v této soustavě nutno učiniti R_1 velké vůči $R_{rs} + j(X_{os} + X_{rs})$. Toho lze docílití patřičnou volbou odporu R_1 .

Hodnoty X_{rs} , X_{os} , R_{rs} a R_1 pro určitý mikrofon vyplývají z obr. 9. Jak zřejmo, odporová složka je velká vůči reaktivní složce. Fázový úhel mezi rychlostí pásku a tlakem je znázorněn v obr. 9.

Elektromotorická síla vybuzená páskem, vypočítaná z rovnice (8), je zřejmá z obr. 10. Jak z něj vyplývá, odpovídají výsledky pokusů teoreticky předpověděné frekvenční charakteristice.

Spolehlivý přístroj pro měření tlaku nesmí vykazovati rozdíly pro žádný směr. Aby se toho dosáhlo u mikrofonu ovlivňovaného tlakem, musí býti rozměry mikrofonu vůči délce zvukové vlny malé. Toho lze docílití u páskového mikrofonu tím, že pole obdrží strukturu otevřenou (nebo „dobře ventilovanou“). Směrové charakteristiky tohoto mikrofonu jsou zřejmé z obr. 11. Tyto výsledky ukazují, že citlivost je nezávislá na směru až do 3000 period. Nad touto frekvencí je tlak na přední stranu pásku větší nežli ve volném prostoru pro $\theta = 0$. To má za následek nepatrný vzrůst citlivosti nad touto frekvencí a tedy odchylku ve stejnoměrném reagování v všech směrech nad 3000 period.

V předchozím objasnění byly uvažovány dva druhy páskových mikrofonů, a sice mikrofon, u něhož citlivost je mírou pro rychlostní složku zvukové vlny a mikrofon, u něhož citlivost je mírou pro tlak zvukové vlny.

Vhodnou kombinací tlakového mikrofonu a rychlostního mikrofonu anebo tlako-spádového mikrofonu obdrží se směrový mikrofon. Taková kombinace je znázorněna v obr. 1—5. Tato kombinace vykazuje vlnitý pásek 10, který je uspořádán mezi pólovými nástavky 11 a 12 magnetu 13, který je opatřen budícím vinutím 14. Pásek 10 je podepřen v magnetickém poli vybuzeném mezi pólovými nástavky 11 a 12 a na jeho horním konci je upevněn článek 15 a na jeho dolním konci článek 16. Proud vytvořený mikrofonem se přenáší přes neznázorněné svorky, jež jsou spojeny s oběma konci pásku. Třeba uvést, že pólové nástavky 11 a 12 jsou opatřeny ventilačními výřezy 17 a 18 a že trubka anebo kanál 19 je opatřena na dolním konci zvětšeným otvorem, který leží na zadní straně zařízení a překrývá horní část pásku 10.

U této konstrukce reaguje dolní část pásku na rychlostní složku anebo složku tlakového spádu zvukové vlny a horní část na její tlakovou složku. Teoreticky musela by býti trubka 19 nekonečně dlouhá, aby tvořila akustický odpor. To je přirozeně nemožné. Přibližně téhož výsledku se docílí trubkou, která je naplněna volně uloženou plstí, aby se zamezily reflexe z otevřeného konce. V tomto případě splňuje trubka o délce přibližně 90 cm požadavky, na něž třeba bráti zřetel u akustického odporu vhodných rozměrů. Jak znázorněno v obr. 5, lze jednotlivý pásek 10 tlakového a rychlostního anebo tlako-spádového mikrofonu zapojiti v řadě se vstupním transformátorem 20 zesilovače 21.

Jsou-li obě funkce rozděleny ve dvou mikrofonech, mohou být oba pásky zapojeny v řadě. V tomto případě bude kombinovaná vybuzená elektromotorická síla určena

$$10. \quad E_o = \frac{B \varphi_p S_p}{Z_p} + \frac{B \varphi_g \Delta_p S_p}{Z_{rg} + Z_{gg}} \cdot \cos \theta.$$

Jak zřejmo z obr. 6, je rychlost pásku v tlako-spádovém mikrofону prakticky ve fázi s tlakem ploché zvukové vlny. Obr. 9 ukazuje, že rychlost pásku v tlakovém mikrofону je prakticky ve fázi s tlakem ploché zvukové vlny. Proto je, je-li citlivost obou mikrofónů vyrovnán, pro $\theta = 0$ výsledná charakteristika rotační kardioid s osou otáčení kolmou k rovině pásků. To je graficky znázorněno v obr. 12.

Pozorované směrové charakteristiky kombinace jsou znázorněny v obr. 8. Je zřejmo, že tyto směrové charakteristiky jsou prakticky rotačními kardioidy až do 3000 period. Nad touto frekvencí rychlost pásku u tlako-spádového mikrofónu liší se poněkud ve fázi od tlaku. Totéž platí pro tlakový mikrofón. Proto se dá očekávat odchylna od rotačního kardioidu při vyšších frekvencích. To je reprodukováno směrovou charakteristikou v obr. 13.

Frekvenční charakteristika kombinace pro $\theta = 0$ je znázorněna v obr. 14.

Nyní bude odvozen účinek reagování směrového mikrofónu při přijímání zvuku z libovolných směrů. Napěťový účinek směrového mikrofónu pro zvuk, který se přijímá ze směru θ , je

$$E_o = E \cdot (1 + \cos \theta).$$

Výtěžek nesměrového mikrofónu pro zvuk přijímaný z každého směru je

$$E_{na} = 2 E_o.$$

To dokazuje, že oba mikrofóny mají stejnou citlivost pro $\theta = 0$.

Energiový výtěžek reagování směrového mikrofónu pro zvuk z libovolných směrů, jež jsou ostatně všechny stejně pravděpodobné, je

$$\frac{\sum_{\varphi=0}^{\varphi=4\pi} E_{na}^2 \varphi}{\sum_{\varphi=0}^{\varphi=4\pi} E_{na}^2 \varphi} = \frac{2\pi E_o^2 \int_0^{\pi} (1 + \cos \theta) \sin \theta d\theta}{16\pi E_o^2} = \frac{1}{3}.$$

Z toho lze učiniti tento závěr: Energie reagování směrového mikrofónu pro zvuk, který se přijímá z libovolných směrů, je rovna $\frac{1}{3}$ energie reagování nesměrových mikrofónů.

Při stejném přípustném ozvuku lze použití směrového mikrofónu ve vzdálenosti 1.7krát větší, nežli nesměrového mikrofónu.

Velký prostorový úhel, v němž tento mikrofón přijímá zvuk bez znatelného zeslabení, poukazuje na to, že prakticky každé přijímání zvuku může se dít jediným mikrofónem.

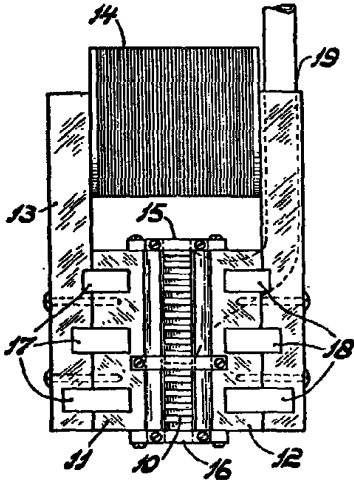
Z obr. 12 je zřejmo, že pro úhel větší 90° je reagování poměrně nepatrné. Obecně spadají do této oblasti rušivé zvuky, jako zvuky komory při filmování. Také se ukáže, že zvláštní směrový účinek, který má tento mikrofón, je velmi užitečný pro vyřazení rušivých mikrofónů, u nichž žádaný zvuk se přijímá z prostoru před mikrofónem a rušivé zvuky poněmžvíce z prostoru za mikrofónem.

Patentové nároky.

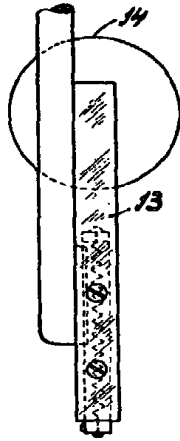
1. Mikrofon anebo skupina mikrofonů, zvláště páskový mikrofon, vyznačený tím, že část orgánu, resp. orgánů pohyblivých vlivem zvukových vln, reaguje na tlak a část na tlakový spád vln.

2. Páskový mikrofon podle nároku 1, vyznačený tím, že část pásku, která reaguje na tlak zvukové vlny, je uspořádána před otvorem trubky, jež je vyměřena a případně naplněna nereflektující látkou tlumící zvuk, na př. plstí tak, že tato trubka účinkuje akusticky jako ryzí odpor.

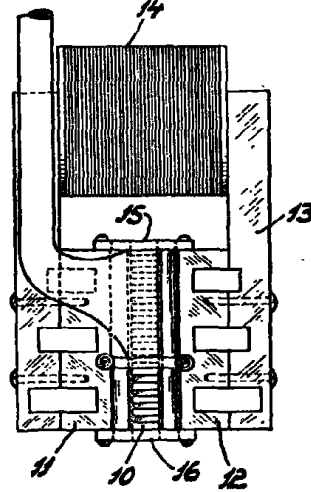
Obr. 1.



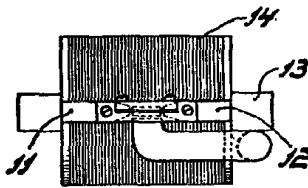
Obr. 2.



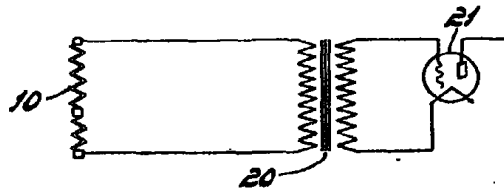
Obr. 3.



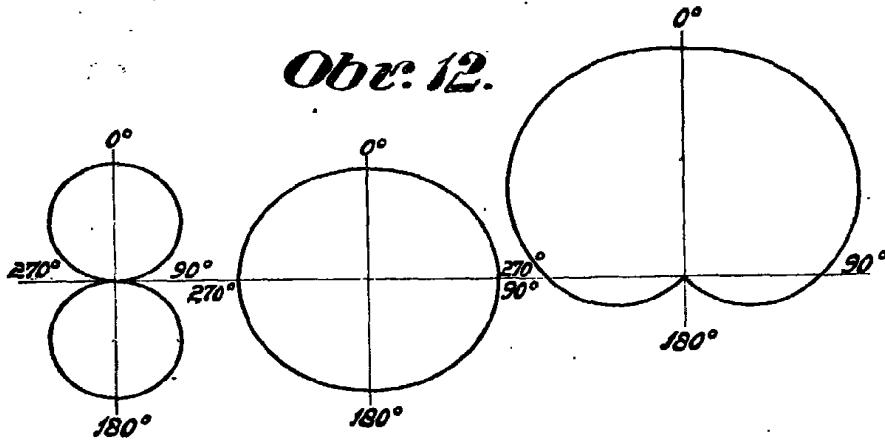
Obr. 4.



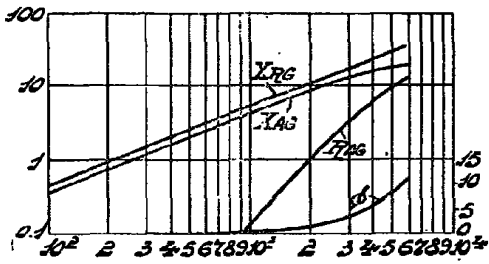
Obr. 5.



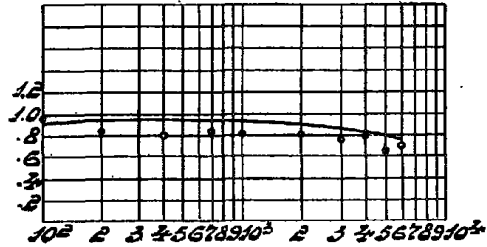
Obr. 12.



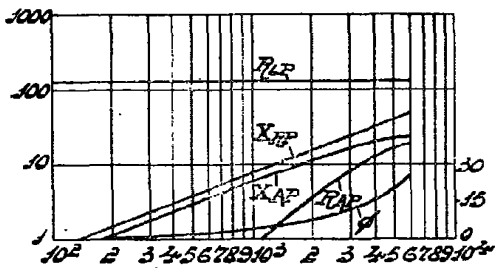
Obr. 6.



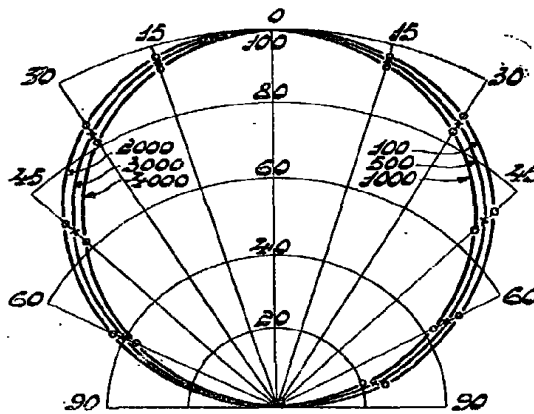
Obr. 7.



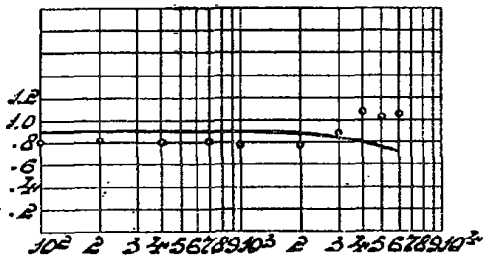
Obr. 9.



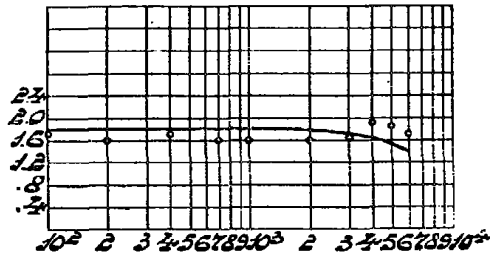
Obr. 8.



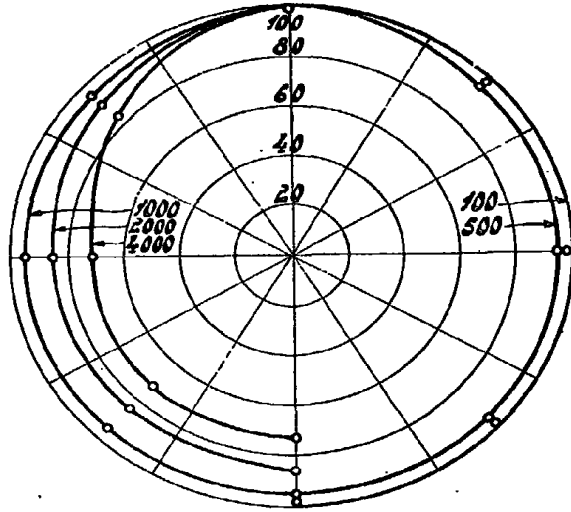
Obr. 10.



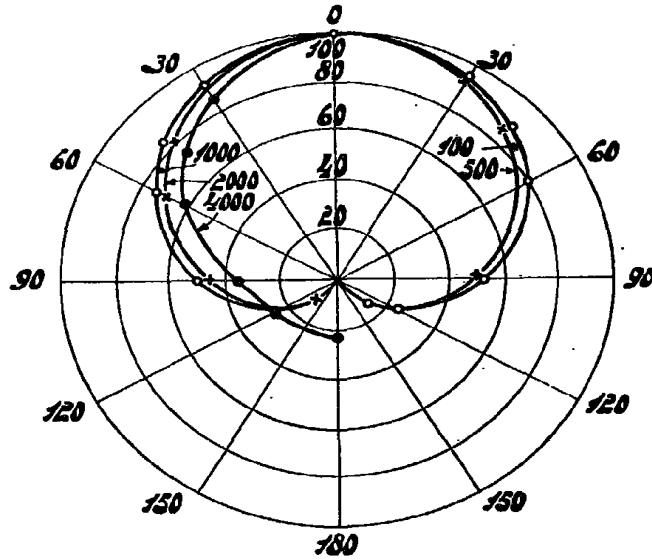
Obr. 14.



Příloha k patentovému spisu čis. 50591.



Obv. 11.



Obv. 13.