

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

199563
(11) (B2)

(22) Přihlášeno 19 06 74
(21) (PV 4310-74)

(51) Int. Cl.³
G 11 B 5/00
H 04 B 1/00

(40) Zveřejněno 31 10 79

(45) Vydáno 15 07 83

(72)
Autor vynálezu

SZOKOLAI ZOLTÁN ing., MÁTAI ANDOR ing., GRIMM ISTVÁN ing.,
BUNDEV PÉTER ing. a PÁDÁR TIBOR ing., BUDAPEŠT (MLR)

(73)
Majitel patentu

BUDAPESTI RÁDIÓTECHNIKAI GYÁR, BUDAPEŠT (MLR)

(54) Zařízení pro rozšiřování rozsahu dynamiky u magnetického záznamu zvuku

1

Vynález se týká zařízení pro rozšiřování rozsahu dynamiky u magnetického záznamu zvuku, skládajícího se ze záznamové části a z reprodukční části, přičemž záznamová část obsahuje záznamový zesilovač, kompresor dynamiky a lineární zesilovač a reprodukční část obsahuje reprodukční zesilovač, expander dynamiky a lineární zesilovač.

V oblasti magnetického záznamu zvuku je známo již více zařízení pro rozšiřování rozsahu dynamiky. U známých zařízení pro automatické rozšiřování rozsahu dynamiky komprimují se signály přicházející na nízké úrovni při záznamu podle dané kompresní křivky, to jest jejich úroveň se zvyšuje, pak na reprodukční straně se dříve komprimované signály expandují podle komplementární expansivní křivky. Expansi na snímáči straně zemňují se také rušivá napětí vznikající při magnetickém záznamu zvuku a tím se rozšiřuje rozsah dynamiky.

Pro přenos signálů prostý zkreslení je nutné, aby při magnetickém záznamu prováděná komprese a expanse dynamiky neovlivňovala statické a dynamické vlastnosti signálů, to jest velikost tohoto vlivu musí zůstat pod předepsanou hodnotou zkreslení.

Jsou známa taková řešení, při nichž se rozšiřování dynamiky provádí jen na vyšších kmitočtech rozsahu tónových kmitočtů a

2

jen u signálů vyskytujících se pod danou úrovní, aby zkreslení mohla být udržována na nízké hodnotě. U známého systému „Dolby B“ zaznamenávají se signály nad -20 dB ještě lineárním způsobem a rozšiřování dynamiky se provádí jen na vyšších kmitočtech rozsahu tónových kmitočtů a u signálů zůstávajících kmitočtech rozsahu tónových kmitočtů a u signálů zůstávajících pod úrovní -20 dB.

Nejdůležitější nedostatky jinak velmi aktuálního systému „Dolby B“ jsou následující:

Zdůraznění vysokých kmitočtů závislé na úrovni, viz preemfáze, předběžná korekce zkreslení, může být ovlivněno také vysokou vstupní úrovní přicházejících signálů nízkého kmitočtu.

Kompresní křivka na záznamové straně, jakož i expansní křivka na reprodukční straně mohou být považovány za navzájem komplementární. Při magnetickém záznamu na vysokých kmitočtech, zejména při menších rychlostech magnetického pásu, dokonce i při páscích s CrO₂, se vyskytuje demagnetizace, která způsobuje asymetrii mezi kompresní a expansní fází. V důsledku toho nemůže být původní řada signálů restaurována bez zkreslení pomocí symetrických a in- versních kompresních a expansních křivek.

Zlom nalézající se u kompresní prahové

hodnoty -20 dB může na jedné straně způsobovat nelineární zkreslení, na druhé straně nemůže tento způsob zaručit rozšíření dynamiky při větších signálech než -20 dB.

Podle mínění některých expertů neovlivňuje se v posledním případě dosažení rozšíření dynamiky, ale mezitím získané zkušenosti a subjektivní pozorování prokázaly opak.

Aby se problém objasnil, předpokládejme, že spektrum zaznamenávaného signálu obsahuje signál 2 kHz s úrovní -10 dB, jehož amplituda je již dostačující pro vyloučení rozšíření dynamiky. Zaznamenávané signálové spektrum obsahuje mimo tento signál 2 kHz na nízké úrovni také další složky vysokého kmitočtu. V tomto případě je snadné pochopit, že nepotlačený šum je ještě slyšitelný vedle těchto složek vysokého kmitočtu a že se zvukový obraz také zhorší.

U známých zařízení bylo rozšiřování dynamiky prováděno hlavně na horních kmitočtech rozsahu tónových kmitočtů, například nad 2 kHz.

Před elektrickým a magnetickým rušením, které se ve velkoměstech vyskytuje prakticky všude a pochází ze silnoproudé sítě, není vzdor pečlivému stínění úplné ochrany. Rušení pocházející ze sítě zhoršuje poměr signálu k šumu magnetického záznamu. Aby se z toho vznikající zmenšení dynamiky kompenzovalo, je účelné vedle snížení vysokofrekvenčního šumu provést rozšíření dynamiky též na nízkých kmitočtech.

Uvedené nedostatky jsou odstraněny u zařízení pro rozšiřování dynamiky u magnetického záznamu zvuku podle vynálezu tím, že v reprodukční části za reprodukčním zesilovačem je zapojen kmitočtově závislý zesilovač kompenzující demagnetizaci, jehož výstup je spojen se vstupem expandéru dynamiky, který má expanzní charakteristiku komplementární k charakteristice kompresoru dynamiky, výstup expandéru dynamiky je spojen se vstupem kompenzačního zesilovače, jehož přenosová charakteristika je inverzní k charakteristice kmitočtově závislého zesilovače, přičemž lineární zesilovač je zapojen za kompenzačním zesilovačem.

Vynález spočívá na poznatku, že požadavek nezkresleného přenosu při použití komprese dynamiky závislé na úrovni a kmitočtu na záznamové straně a expanse dynamiky na reprodukční straně lze splnit jen tehdy, když jsou na vstup kompresoru dynamiky na záznamové straně připojeny signály stejné se signály připojenými na vstup expandéru dynamiky na reprodukční straně. Asymetrie vznikající z demagnetizace, která nastává při magnetickém záznamu, může být kompenzována jen tak, že se kmitočtově závislé zdůraznění odpovídající demagnetizaci provede na reprodukční straně před expanzí. Toto zdůraznění může být s výhodou vyřešeno opakováním vysokofrekvenční korekce záznamové strany. K restauraci původního signálového obrazu po expanzi je opět

zapotřebí kompenzace vysokofrekvenční korekce záznamu.

Přínosem vynálezu je vyvinutí zařízení pro rozšiřování dynamiky pro magnetický záznam zvuku, jímž je kompenzována demagnetizace nosiče informace, provedeno rozšíření dynamiky i přes signálovou úroveň -20 dB a jímž může být provedena kompenzace snížení dynamiky vznikající v daném případě ze síťového rušení.

U ekvivalentního řešení může být místo použití korekce záznamu a její inverze dosaženo účinku vyrovnávajícího podobnou asymetrií, když se expanse na snímací straně provede takovou asymetrickou expanzní křivkou, která je posunuta ve shodě s velikostí korekce záznamu.

U expanse dynamiky na nízkých kmitočtech může být nahoře zmíněný požadavek ekvivalence proveden účelně tak, že se nízkofrekvenční dodatečná korekce zkreslení neprovádí na reprodukční straně pod reprodukčním zesílením před expanzí, ale teprve po expanzi.

V úrovňovém rozsahu nad -20 dB se rozšíření dynamiky provádí účelně vytvořenými kompresními a expanzními křivkami. Pro rozšíření dynamiky prováděné na vysoké úrovni musí časová konstanta řízení úrovně rozšíření dynamiky být nastavena o sobě známým způsobem na dostatečně malou hodnotu.

Příklady provedení zařízení podle vynálezu jsou dále popsány s poukazem na připomenuté výkresy, na nichž obr. 1 znázorňuje zařízení pro magnetický záznam zvuku, obr. 2 obšírněji blokové schéma zařízení pro magnetický záznam zvuku za použití vysokofrekvenčního rozšiřování dynamiky a lineárních zesilovačů s řízenou úrovní, obr. 3 blokové schéma podobné blokovému schématu znázorněnému na obr. 2, kteréžto provedení je vhodné i pro rozšíření dynamiky na nízkých kmitočtech, obr. 4 jsou typické kompresní a expanzní křivky použití k rozšíření dynamiky podle obr. 3 se závislostí úrovně signálu a kmitočtu a obr. 5 příklad použití křivek podle obr. 4.

Na obr. 1 je znázorněno blokové schéma zařízení pro magnetický záznam zvuku, z něhož může být seznán princip vynálezu. Zaznamenávané vstupní napětí U_{IN} tónového kmitočtu je přiváděno ke vstupu záznamového zesilovače 1. Kmitočtově závislá přenosová charakteristika záznamového zesilovače 1 se vyznačuje napětovou úrovní $U_1F(p)$. tika $F(p)$. Záznamová charakteristika $F(p)$ se vytváří tak, aby byla vhodná pro utváření odpovídající normované charakteristiky magnetického toku na zvoleném magnetickém materiálu. V horním kmitočtovém rozsahu f_d pásma tónových kmitočtů vykazuje záznamová charakteristika $F(p)$ obecně zdůrazněné vysoké kmitočty. Signály vyskytující se na výstupu záznamového zesilovače 1 se vyznačují napětovou úrovní $U_1F(p)$. Hodnota úrovně U_1 závisí hlavně na vlast-

nostech záznamového materiálu, například magnetického pásku, a nikoliv na napěťové úrovni. Velikost zesílení záznamového zesilovače 1 se totiž při záznamu nastaví v závislosti na napětí tónového kmitočtu zdroje signálů, například gramofonu, radiového přístroje atd., manuálně nebo automaticky tak, aby na jeho výstupu byly signály na úrovni U_1 .

Signály tónového kmitočtu, objevující se na úrovni U_1 a modifikované podle záznamové charakteristiky $F(p)$, se přivádějí před uskutečňováním magnetického záznamu ke kompresoru 25 dynamiky. Kompresor 25 dynamiky má charakteristiku $C_A(p, U_1)$. Z tohoto označení je zřejmé, že tato charakteristika závisí na okamžité amplitudě signálů a stejně tak na jejich kmitočtu. Kompresor 25 dynamiky může být proveden rozličným známým způsobem. V důsledku působení kompresoru 25 dynamiky je rozsah dynamiky signálů na výstupu menší než na vstupu. Úroveň napětí objevujících se na vstupu kompresoru 25 dynamiky, jejichž amplitudy jsou vůči úrovni šumu záznamového materiálu malé, se kompresorem 25 dynamiky zvyšují. Výstup kompresoru 25 dynamiky je připojen na vstup lineárního záznamového přizpůsobovacího zesilovače 4. Výstup kompresoru 25 dynamiky se lineárním záznamovým přizpůsobovacím zesilovačem 4 přizpůsobí záznamové hlavě.

Po provedení záznamu zvuku dospěje napětí odevzdávané reprodukční hlavou na vstup prvního reprodukčního zesilovače 9. Zesílení prvního reprodukčního zesilovače 9 je kmitočtově závislé a kmitočtová závislost je vyznačena reprodukční charakteristikou $L(p)$. Záznamová charakteristika $F(p)$ a reprodukční charakteristika $L(p)$ se vzájemně sladily podle vlastností záznamového materiálu a kdybychom nebrali zřetel na působení kompresoru 25 dynamiky použitého pro rozšíření dynamiky, pak by se vstupní napětí U_{IN} tónového kmitočtu, použité k záznamu, objevilo na výstupu prvního reprodukčního zesilovače 9, například na úrovni U_1 . Vzhledem k použití kompresoru 25 dynamiky se však neobjeví výstupní napětí kompresoru 25 dynamiky na výstupu prvního reprodukčního zesilovače 9 v nezměněné formě, ale jednak získá šumové napětí U_N vznikající záznamem, jednak se jeho kmitočtová závislost změní v míře odpovídající demagnetizaci D . Demagnetizace D způsobuje v horním kmitočtovém rozsahu f_d pásma tónových kmitočtů kmitočtově závislé tlumení. Hodnota demagnetizace D závisí také na zvolené rychlosti pásku. Ježto zesílení kompresoru 25 dynamiky bylo nezávislé na úrovni a na kmitočtu, byl by pro opětné získání původních signálů vhodný expandér 26 dynamiky, který má expansní charakteristiku $D_A(p, U_1)$ komplementární s charakteristikou kompresoru 25 dynamiky. Expandér 25 dynamiky může však vytvářet původní zvukový obraz jen tehdy, když na jeho vstup do-

spěje kmitočtové spektrum, které se objevuje na výstupu kompresoru 25 dynamiky. Tato podmínka se podle vynálezu uskutečňuje tak, že výstupní signály prvního reprodukčního zesilovače 9 se ovlivňují prvním kmitočtově závislým zesilovačem 27, kompenzujícím demagnetizaci D , to jest charakteristika $F(f_d)$ prvního kmitočtově závislého zesilovače 27 je v horním kmitočtovém rozsahu f_d , dotčeném demagnetizací D , stejná se záznamovou charakteristikou $F(p)$ záznamového zesilovače 1. Tak se na výstupu expandéru 26 dynamiky opětně získají signály přivedené na vstup kompresoru 25 dynamiky. Ježto se má jako konečný výsledek reprodukce vytvářet výstupní napětí U_{AUS} rovnoměrné se vstupním napětí U_{IN} tónového kmitočtu, musí se kmitočtová závislost záznamové korekce kompenzovat z výstupních signálů expandéru 26 dynamiky. Této kompenzace lze dosáhnout použitím kompenzačního zesilovače 28, který má takovou přenosovou charakteristiku $F(f_d)$, která je inverzní k charakteristice $F(f_d)$ prvního kmitočtově závislého zesilovače 27. Na výstupu kompenzačního zesilovače 28 se již objevuje napětí, které odpovídá vstupnímu napětí U_{IN} , kteréžto napětí může být přizpůsobeno výstupu například prostřednictvím lineárního reprodukčního přizpůsobovacího zesilovače 34. Šumová úroveň vznikající v záznamovém materiálu a v reprodukčním kanále se expanzí zmenšuje, čímž se rozsah dynamiky rozšiřuje.

Aby se zajistil nezkreslený přenos, měla by být provedena u příkladu provedení znázorněného na obr. 1 kmitočtová korekce před expandérem 26 dynamiky a za ním. Místo ní může však být účinek demagnetizace kompenzován také tak, že se expansní charakteristika expandéru 26 dynamiky posune měrou odpovídající míře záznamové korekce. Tento případ je znázorněn na obr. 2, na němž jsou pro znázornění způsobu komprese a způsobu expanse obšírněji ukázány stupně kompresoru dynamiky a expandéru dynamiky.

Na záznamové straně, podobně jako u provedení podle obr. 1, je uspořádán kompresor dynamiky mezi záznamovým zesilovačem 1 a lineárním záznamovým přizpůsobovacím zesilovačem 4. Napětí $U_1 F(p)$ vznikající na výstupu záznamového zesilovače 1 se přivádí jednak na vstup lineárního zesilovače 2, jednak též na vstup prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní. Výstupy lineárního zesilovače 2, jakož i prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní jsou připojeny na vstupy prvního lineárního sčítače 3 a výstup prvního lineárního sčítače 3, na němž se objevuje součet signálů přiložených na oba vstupy, je spojen se vstupem lineárního záznamového přizpůsobovacího zesilovače 4. Nutno poznamenat, že signály jsou přiloženy na vstup prvního lineárního sčítače 3 přes odpovídající neutralizační obvody, kteréžto obvody nejsou na obrázku znázorněny.

První zesilovač 5 s řízenou úrovní má kompresní charakteristiku $C_1(p, U_1)$, jejíž zesílení je kmitočtově a úrovněově závislé. Kmitočtová závislost prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní se nastaví tak, že má charakteristiku hornofrekvenční propusti, jejíž strmost je nejméně 6 dB na oktávu, avšak její pólová základna leží mezi 50 a 100 μsec . První zesilovač 5 s řízenou úrovní skutečně zesílí odpovídající znázorněné kmitočtové závislosti, když se na řídicí vstup přivede signál. V tomto případě zůstává totiž výstupní napětí prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní na konstantní hodnotě nezávislé na úrovni signálů připojených na vstup. Řídicí vstup prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní je řízen řídicím obvodem, který obsahuje první řídicí zesilovač 6, řízený prvním zesilovačem 5 s řízenou úrovní, a první rozdílový obvod 8. První řídicí zesilovač 6 má přenosovou charakteristiku $Sz_1(p)$, jejíž hodnota u příkladu provedení byla zvolena rovna jedné. Na odčítací vstup prvního rozdílového obvodu 8 se připojí referenční napětí U_{ref} , přičemž zdroj tohoto napětí není znázorněn. Způsob působení řídicího obvodu je zřejmý již z nahoře popsaného. Když hodnota napětí, které pochází z výstupního napětí prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní a které se objevuje na výstupu prvního řídicího zesilovače 6, přesáhne hodnotu referenčního napětí U_{ref} , pak vznikne chybové napětí na výstupu prvního rozdílového obvodu 8, kteréžto chybové napětí omezuje výstupní napětí prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní na určitou úroveň.

Na základě nahoře popsaného pracuje kompresor dynamiky, tvořený sečítáním signálů lineárního zesilovače 2 a prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní, následovně. Když výstupní napětí prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní leží nad prahovým napětím, pak je jeho přenos určen kmitočtovou závislostí kompresní charakteristiky $C_1(p, U_1)$. Základní zesílení patřící k této charakteristice se zvolí tak, že jeho hodnota v přenosovém pásmu, například na 10 kHz, přesahuje zesílení lineárního zesilovače 2 o 6 až 13 dB. Rozdíl mezi zesílením obou cest signálu byl u příkladu provedení stanoven na 10 dB. Vzhledem k charakteru vysokofrekvenční propusti zmenšuje se zesílení prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní na nízkých kmitočtech velmi významně vůči zesílení lineárního zesilovače 2, proto jsou signály vznikající na výstupu prvního lineárního sčítače 3 rozhodující měrou určovány napětím přicházejícím z lineární cesty. U kmitočtů, které se blíží bodu zlomu charakteristiky zesilovače 5 s řízenou úrovní a které bod zlomu převyšují, je zesílení v druhé cestě signálu větší než v první cestě signálu, na 10 kHz je již o 10 dB větší, a vzhledem ke sčítání jsou výstupní signály rozhodující měrou určovány napětím druhé cesty. Je patrné, že sčítáním signálů obou signálových cest dojde ke zdůraznění vysokých kmitočtů. Když

stoupne vstupní napětí a výstupní napětí prvního řídicího zesilovače 6 dosáhne hodnoty referenčního napětí U_{ref} , pak již zůstane výstupní napětí druhé signálové cesty na konstantní hodnotě. Ve shodě se stoupající vstupní úrovní bude se napětí druhé signálové cesty vůči výstupnímu napětí prvního lineárního sčítače 3 stále zmenšovat a konečně bude výstupní napětí určováno výlučně napětím lineární signálové cesty, a tím bude přenos lineární. Nahoře popsaným způsobem se provádí vysokofrekvenční komprese dynamiky.

Pro působení kompresoru dynamiky je správné určení úrovně referenčního napětí U_{ref} velmi důležité. Napětíová úroveň U_1 se zvolí tak, aby její hodnota 0 dB, vztažená na danou rychlost pásku, odpovídala zkreslení na magnetickém pásku, které dosahuje 1,5 % třetí harmonické. Nastaví-li se prahová hodnota řízení úrovně vůči této takto zvolené hodnotě 0 dB mezi -17 a -23 dB, například na -20 dB, a když se výstupní úroveň prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní omezí nejvýše na -9 dB, získáme takovou kompresní charakteristiku, při níž nad -20 dB může být komprese dynamiky prováděna se snižující se měrou.

U provedení znázorněného na obr. 2 jsou signály na reprodukční straně od reprodukční hlavy vedeny podobně jako u provedení popsaného za pomoci obr. 1 k prvnímu reprodukčnímu zesilovači 9. Odlišně od provedení podle obr. 1 nenásleduje za prvním reprodukčním zesilovačem 9 první kmitočtově závislý zesilovač 27, nýbrž expandér dynamiky tvořený druhým rozdílovým obvodem 10, lineárním zesilovačem 2, prvním zesilovačem 5 s řízenou úrovní, lineárním prvním rozdílovým obvodem 8, prvním řídicím zesilovačem 6 a korekčním zesilovačem 12. V dalším bude ukázáno, že tento expandér dynamiky oproti kompresoru dynamiky na záznamové straně má asymetrickou statickou expansní charakteristiku a na jeho výstupu vznikají takové signály, které se rovnají výstupním signálům expansního provedení znázorněného na obr. 1. Působení expandéru dynamiky je následující. Na vstup lineárního zesilovače 2 se dostávají rozdílové signály druhého rozdílového obvodu 10. Lineární druhý rozdílový obvod 10 odečítá z výstupních signálů prvního reprodukčního zesilovače 9 výstupní signály prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní, řízeného výstupem lineárního zesilovače 2. Lineární první zesilovač 5 s řízenou úrovní je podobný zesilovači použitému na záznamové straně, ale do jeho řídicího obvodu je v sérii s prvním řídicím zesilovačem 6 zapojen korekční zesilovač 12. Korekční zesilovač 12 může být charakterizován korekční charakteristikou $F'(p)$, což není nic jiného než hodnota záznamové charakteristiky $F(p)$ v horním kmitočtovém rozsahu f_d , to jest v kmitočtovém rozsahu ovlivněném demagnetizací. Vlivem korekční charakteristiky $F'(p)$ charakte-

ru hornofrekvenční propusti snižují se řídicí prahová hodnota prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní proporcionálně se zvyšováním kmitočtu, čímž se statická expanzní charakteristika stane asymetrickou. Při menších výstupních úrovních prvního reprodukčního zesilovače 9 působí první zesilovač 5 s řízenou úrovní ještě lineárně a jeho výstupní signály zmenšují signály přiváděné na lineární zesilovač 2, čímž se dynamika na výstupu lineárního zesilovače 2 zvyšuje vůči dynamice na výstupu prvního reprodukčního zesilovače 9. Se zvyšováním úrovně signálů dostává lineární první zesilovač 5 s řízenou úrovní od lineárního prvního rozdílového obvodu 8 řídicí signál a jeho výstupní úroveň se již nezvyšuje. Tak lineární první zesilovač 5 s řízenou úrovní odečítá od vzrůstající vstupní úrovně lineárního druhého obvodu 10 stále menší signály, čímž se míra rozšiřování dynamiky také zmenšuje. Tak vzniká na výstupu lineárního zesilovače 2 napětí proporcionálním se vstupním napětím U_{IN} , které se lineárním reprodukčním přizpůsobovacím zesilovačem 34 přizpůsobuje impedanci odpovídající zátěži.

Na obr. 3 je znázorněno uspořádání pro rozšiřování dynamiky podle obr. 2, u kteréhožto provedení je vedle rozšiřování dynamiky na vyšších kmitočtech použito také rozšiřování dynamiky na nižších kmitočtech, aby mohl být snížen účinek rušivých napětí pocházejících ze sítě.

Na snímání straně byla mezi lineárním zesilovačem 2 a prvním lineárním sčítačem 3 vedle kompresní cesty charakteru vysokofrekvenční propusti, mající kompresní charakteristiku $C_1(p, U_1)$, vytvořena také jiná kompresní cesta, skládající se z prvního neutralizačního děliče 17, druhého zesilovače 13 s řízenou úrovní, druhého řídicího zesilovače 16 a z lineárního třetího rozdílového obvodu 15. Nutno poznamenat, že výstupy prvního zesilovače 5 s řízenou úrovní slouží jako generátor napětí. První signálová cesta je v tomto případě připojena přes druhý neutralizační dělič 18 na první lineární sčítač 3. Druhý zesilovač 13 s řízenou úrovní má kompresní charakteristiku $C_2(p, U_1)$, jejíž kmitová závislost má charakter dolnofrekvenční propusti se zvolenou strmostí 6 dB na oktávu, přičemž pólová časová konstanta charakteristiky je zvolena mezi 3180 a 5000 μ sec. Druhý řídicí zesilovač 16 má řídicí charakteristiku $S_{zz}(p)$, působení dolnofrekvenčního kompresoru je shodné s působením kompresoru charakteru hornofrekvenční propusti, ale referenční napětí U_{ref2} , připojené na třetí rozdílový obvod 15, se nastaví tak, že řídicí prahová úroveň druhého zesilovače 13 s řízenou úrovní leží o 26 až 33 dB pod zvolenou úrovní 0 dB, základní zesílení druhého zesilovače 13 s řízenou úrovní se zvolí na kmitočtu 31,5 Hz o 6 až 13 dB větší vůči zesílení lineárního zesilovače 2, čímž se úrovněově řízené výstupní signály omezí nejvýše na úroveň -23 dB.

Reprodukční charakteristika $L(p)$, použitá na reprodukční straně prostřednictvím reprodukčního zesilovače podle obr. 2, je vzhledem ke zmíněnému požadavku nezkrasleného přenosu rozdělena u provedení znázorněného na obr. 3 do dvou částí. V rozsahu pásma tónových kmitočtů neovlivněným kompresí dynamiky na nízkých kmitočtech realizuje se část $L_1(p)$ původní reprodukční charakteristiky $L(p)$ druhým reprodukčním zesilovačem 19. Výstup druhého reprodukčního zesilovače 19 je připojen na druhý rozdílový obvod 10, znázorněný také na obr. 2. Na odčítací vstup lineárního rozdílového obvodu 10 jsou tedy vzhledem k expanzi provedené ve dvou kmitočtových pásmech připojeny dva zpětnovazební obvody. Zpětnovazební větve jsou od sebe odděleny třetím neutralizačním děličem 11 a čtvrtým neutralizačním děličem 22. Zpětnovazební větve pracují již popsáním způsobem. Po expanzi dynamiky může být dolnofrekvenční díl $L-L_1(p)$ původní snímání charakteristiky $L(p)$ realizován druhým kmitočtově závislým zesilovačem 20 charakteru vysokofrekvenční propusti. Na výstupu tohoto zesilovače objevují se již na úrovni U_1 napětí proporcionální se vstupními signály vstupního napětí U_{IN} .

Kompresní a expanzní charakteristiky provedení dvoupásmového rozšíření dynamiky znázorněného na obr. 3 jsou ukázány na obr. 4. Na obrázku je na vodorovné ose nanese na logaritmická hodnota vstupního napětí U_{IN} , na svislé ose logaritmická hodnota výstupního napětí U_{AUS} v decibelech. Rozsah nad dělicí čarou, vedenou pod úhlem 45°, odpovídá záznamové straně, rozsah pod dělicí čarou odpovídá reprodukční straně. Na obr. 4 byly zvoleny takové kmitočty, které ukazují věrně kompresní a expanzní charakter. Křivka 50 Hz ukazuje rozšíření dynamiky na nízkých kmitočtech a je dobře vidět, že kompresní a expanzní křivky na nízkých kmitočtech jsou vůči dělicí čáře vedené pod úhlem 45° symetrické. Křivka 333 Hz souhlasí právě s osou souměrnosti, ježto na tomto kmitočtu není účinné žádné rozšiřování dynamiky. Zatímco kompresní křivky na vysokých kmitočtech se kryjí, je na vysokofrekvenčních expanzních křivkách dobře vidět, že se míra asymetrie zvyšuje se zvyšováním kmitočtu podle stupně demagnetizace. Je také dobře vidět, že se míra komprese a expanse v úrovněové oblasti nad -20 dB postupně zmenšuje se zvyšováním úrovně a že se křivky přibližují k ose souměrnosti a že tyto nad 0 dB k úrovni příslušející činiteli zkraslení $k_3=3\%$ zcela mizí.

Na obr. 5 byly zakresleny odděleně kompresní a expanzní křivky pro 8 kHz podle obr. 4, aby se konstrukčním příkladem blíže znázornilo jednak použití křivek jednak způsob kompenzace demagnetizace, u kteréhožto příkladu byly zvoleny vlastnosti komerčního magnetického pásku vykazujícího větší demagnetizaci. Za předpokladu, že hodno-

ta známkové korekce $F(p)$ na kmitočtu 8 kHz je +10 dB a hodnota demagnetizace D je -10 dB, bude v dalším znázorněno, jak vzniká výstupní signál -30 dB během provádění způsobu ze signálu 8 kHz s úrovní -30 dB objevujícího se na vstupu. Na obrázku odpovídá vstupnímu signálu -30 dB bod A_A . Vzhledem k záznamové korekci $F(p)$ objevuje se tento signál na vstupu kompresoru již na úrovni o 10 dB vyšší, to jest na úrovni -20 dB, viz bod B_A . Tento bod B_A se promítne do bodu C_A kompresní charakteristiky, načež se může na svislé ose odečíst, že záznam signálu se děje na úrovni -10 dB. Působením kompresoru se zvýšila záznamová úroveň z -20 dB o 10 dB.

Při reprodukci objevuje se amplituda signálu 8 kHz zaznamenávaného na úrovni -10 dB na vstupu expandéru dynamiky v důsledku demagnetizace -10 dB na úrovni -20 dB. K expansní charakteristice záznamu má tedy být z bodu B_w -20 dB od vodorovné osy veden kolmý promítací paprsek. Tento promítací paprsek protíná expansní charakteristiku v bodě C_w , podle toho je výstupní signál v bodě A_w , jehož úroveň je právě -30 dB. Je patrné, že v tomto případě se použitím symetrické nebo asymetrické charakteristiky na výstupu znovu získá právě ten signál, který se vyskytoval před záznamem.

U jiného příkladu je úroveň vstupního signálu -10 dB signál se dostává po záznamové korekci $F(p)$ činící 10 dB, tedy na úrovni 0 dB, na vstup kompresoru, bod D_A -

-bod E_A . V tomto případě děje se záznam na úrovni 0 dB. Vlivem demagnetizace dostává se signál zaznamenaný na 0 dB o hodnotě -10 dB na vstup expandéru (bod E_w). Bod E_w se promítne na expansní charakteristiku a tak vznikne bod F_w , který svislou osu protíná v bod D_w -10 dB. Rozšířením dynamiky byla tedy opětne získána původní úroveň signálu.

Pomocí posledního signálu můžeme zkoumat, na které úrovni se výstupní signál použitím známé symetrické expansní charakteristiky objeví. Na záznamové straně zůstanou poměry až k bodu E_w -10 dB nezměněny. Místo asymetrického bodu F_w vyplyne však na čárkované symetrické expansní charakteristice symetrický bod F_w , ke kterému patří na svislé ose bod D_w -20 dB. V tomto případě vychází ze vstupní úrovně -10 dB po záznamu výstupní úroveň -20 dB. Při provádění tohoto způsobu vzniká chyba 10 dB, což již nemůžeme pokládat za zanedbatelné. Když tento příklad provedeme na základě obr. 4 také na jiných kmitočtech, pak se zdá jasné, že expansní bod zlomu podle hodnoty demagnetizace musí být odpovídajícím způsobem posunut. Konstantní a kmitočtové nezávislé posunutí expansního bodu by signály středního kmitočtu (1-4 kHz) tak rušivě zdůraznilo, že řešení by bylo nepoužitelné.

Použitím zařízení podle vynálezu zvyšuje se dynamika záznamu zvuku při použití obvyklých magnetických pásek všeobecně o 10 dB.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zařízení pro rozšíření rozsahu dynamiky u magnetického záznamu zvuku, skládající se ze záznamové části a z reprodukční části, přičemž záznamová část obsahuje záznamový zesilovač, kompresor dynamiky a lineární zesilovač a reprodukční část obsahuje reprodukční zesilovač, expandér dynamiky a lineární zesilovač, vyznačující se tím, že v reprodukční části za 1. reprodukčním zesilovačem (9) je zapojen první kmitočtově závislý zesilovač (27) pro kompenzaci demagnetizace, jehož výstup je spojen se vstupem expandéru (26) dynamiky, který má expansní charakteristiku komplementární k charakteristice kompresoru (25) dynamiky, a výstup expandéru (26) dynamiky je spojen se vstupem kompenzačního zesilovače (28), jehož přenosová charakteristika je inverzní k charakteristice prvního kmitočtově závislého zesilovače (27), přičemž za kompenzačním zesilovačem (28) je zapojen lineární reprodukční přízpůsobovací zesilovač (34).

2. Zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že kompresor (25) dynamiky sestává z lineárního zesilovače (2), jehož vstup je

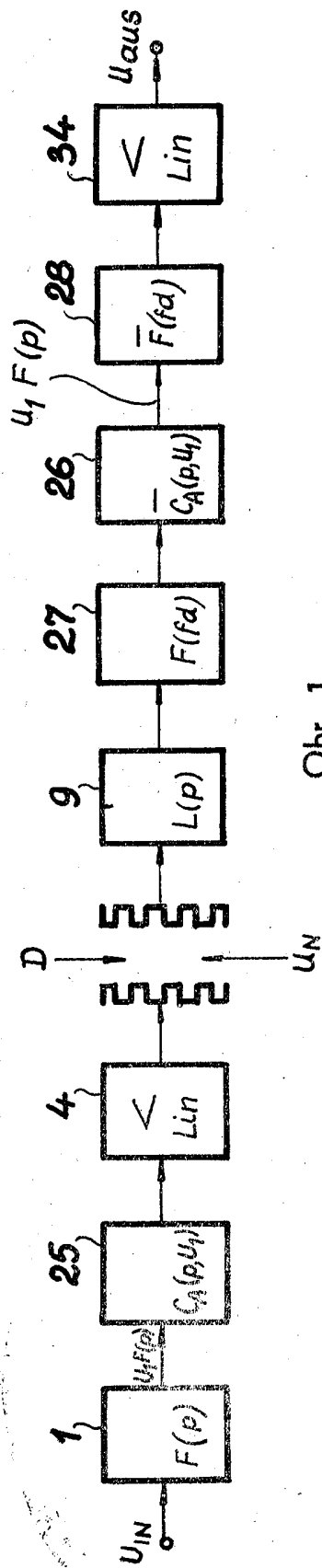
připojen ke vstupu prvního zesilovače (5) s řízenou úrovní a jehož výstup je připojen ke druhému sčítacímu vstupu prvního lineárního sčítače (3), dále je výstup prvního zesilovače (5) s řízenou úrovní připojen ke vstupu prvního řídicího zesilovače (6), jehož výstup je připojen k neinvertujícímu vstupu prvního rozdílového obvodu (8), výstup prvního rozdílového obvodu (8) je spojen s řídicím vstupem prvního zesilovače (5) s řízenou úrovní a invertující vstup prvního rozdílového obvodu (8) je připojen ke zdroji referenčního napětí (U_{ref}).

3. Zařízení podle bodu 2, vyznačující se tím, že první kmitočtově závislý zesilovač (27), expandér (26) dynamiky a kompenzační zesilovač (28) jsou tvořeny sériovým zapojením druhého rozdílového obvodu (10) a lineárního zesilovače (2), přičemž výstup lineárního zesilovače (2) je připojen na vstup prvního zesilovače (5) s řízenou úrovní, jehož výstup je připojen na neinvertující vstup druhého rozdílového obvodu (10) a na vstup prvního řídicího zesilovače (6), dále výstup prvního řídicího zesilovače (6) je připojen na vstup korekčního zesilovače

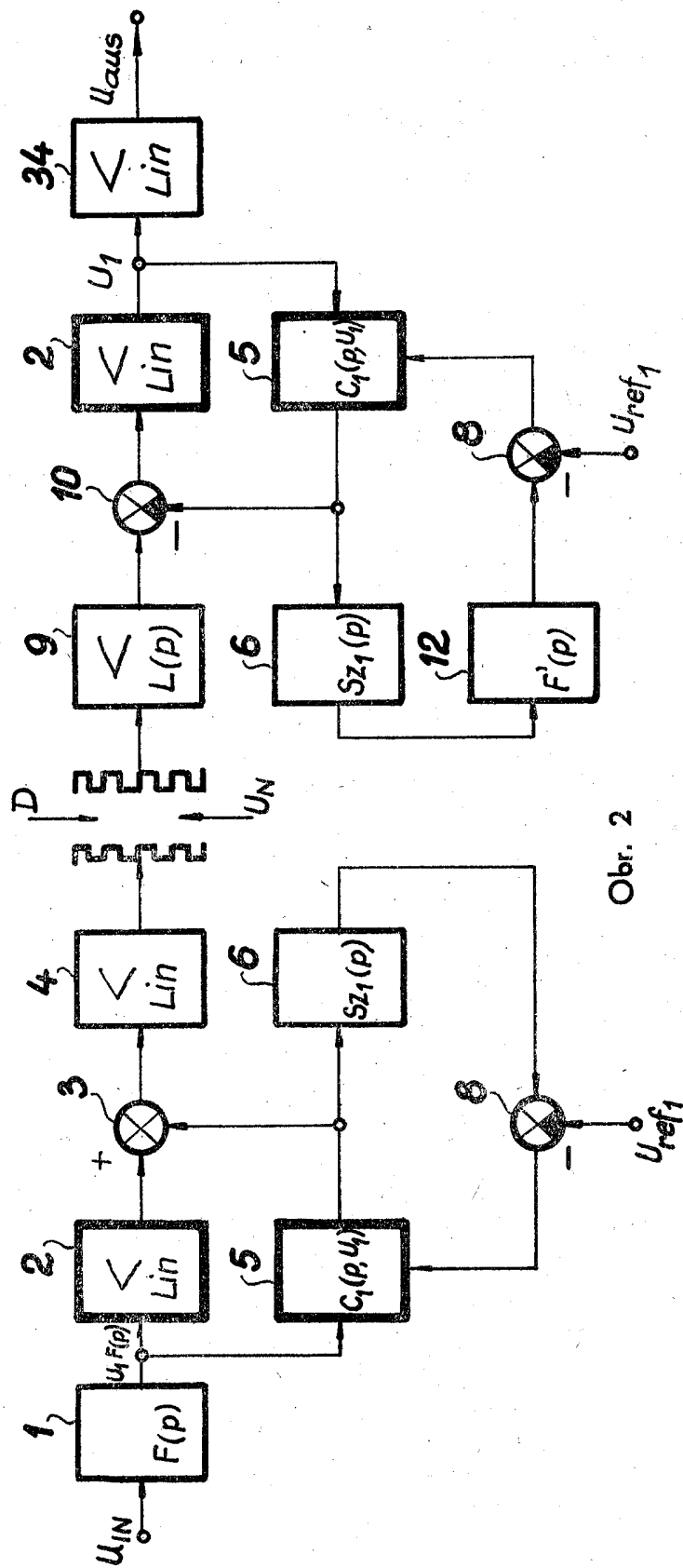
(12), jehož výstup je připojen na neinvertující vstup prvního rozdílového obvodu (8), jehož invertující vstup je spojen se zdrojem

referenčního napětí (U_{refl}) a jehož výstup je spojen s řídicím vstupem prvního zesilovače (5) s řízenou úrovní.

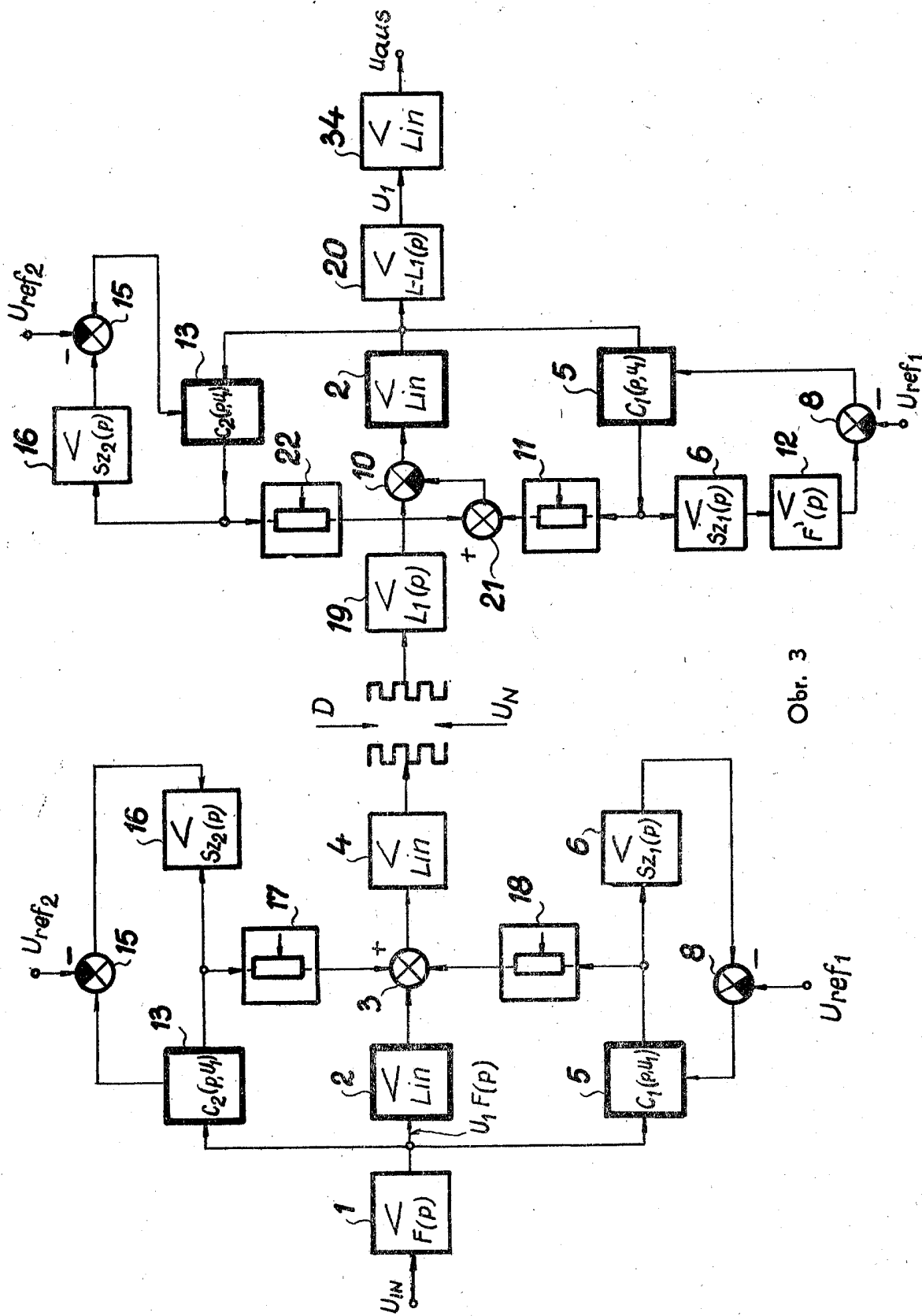
4 listy výkresů



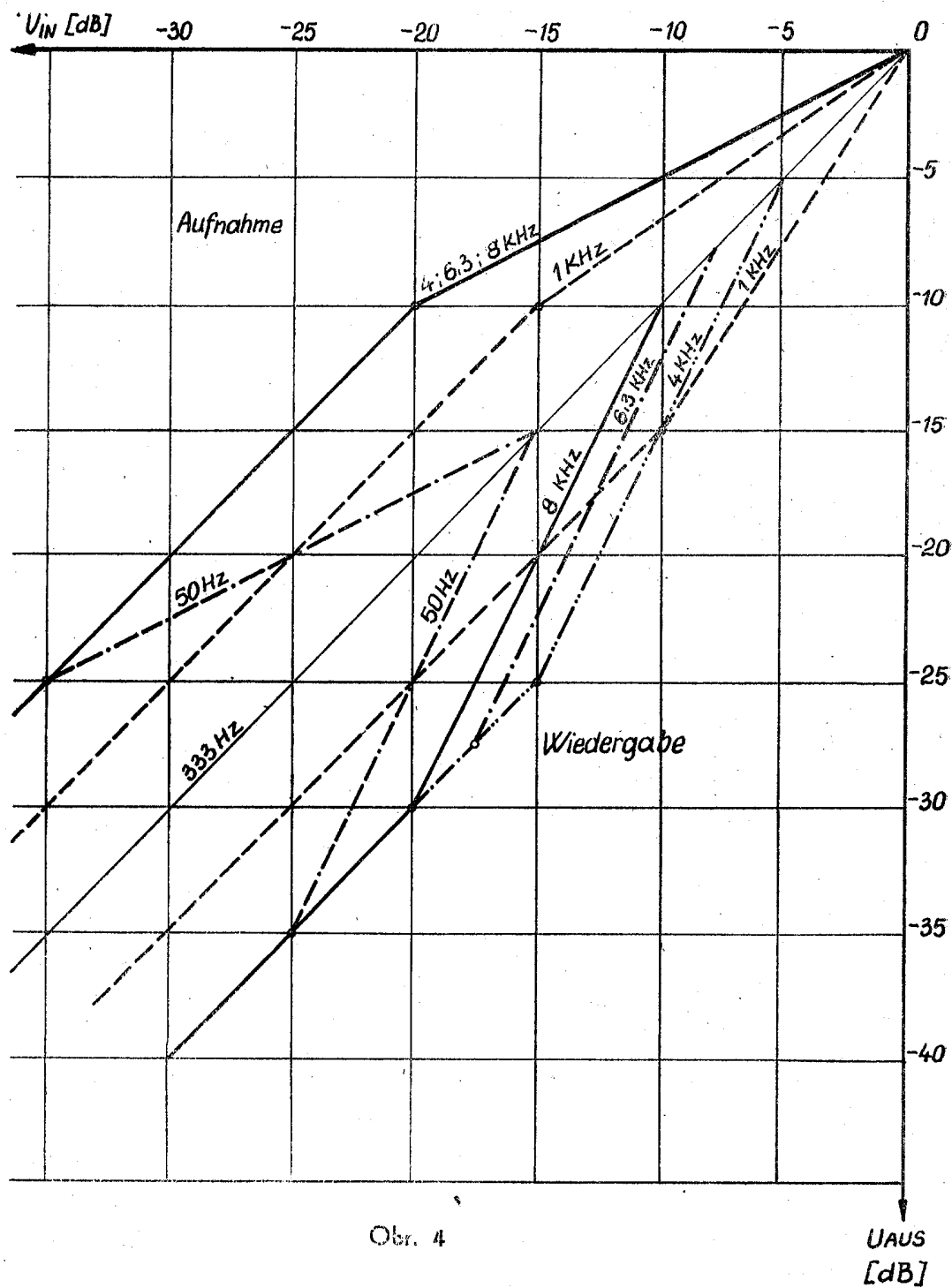
Obr. 1

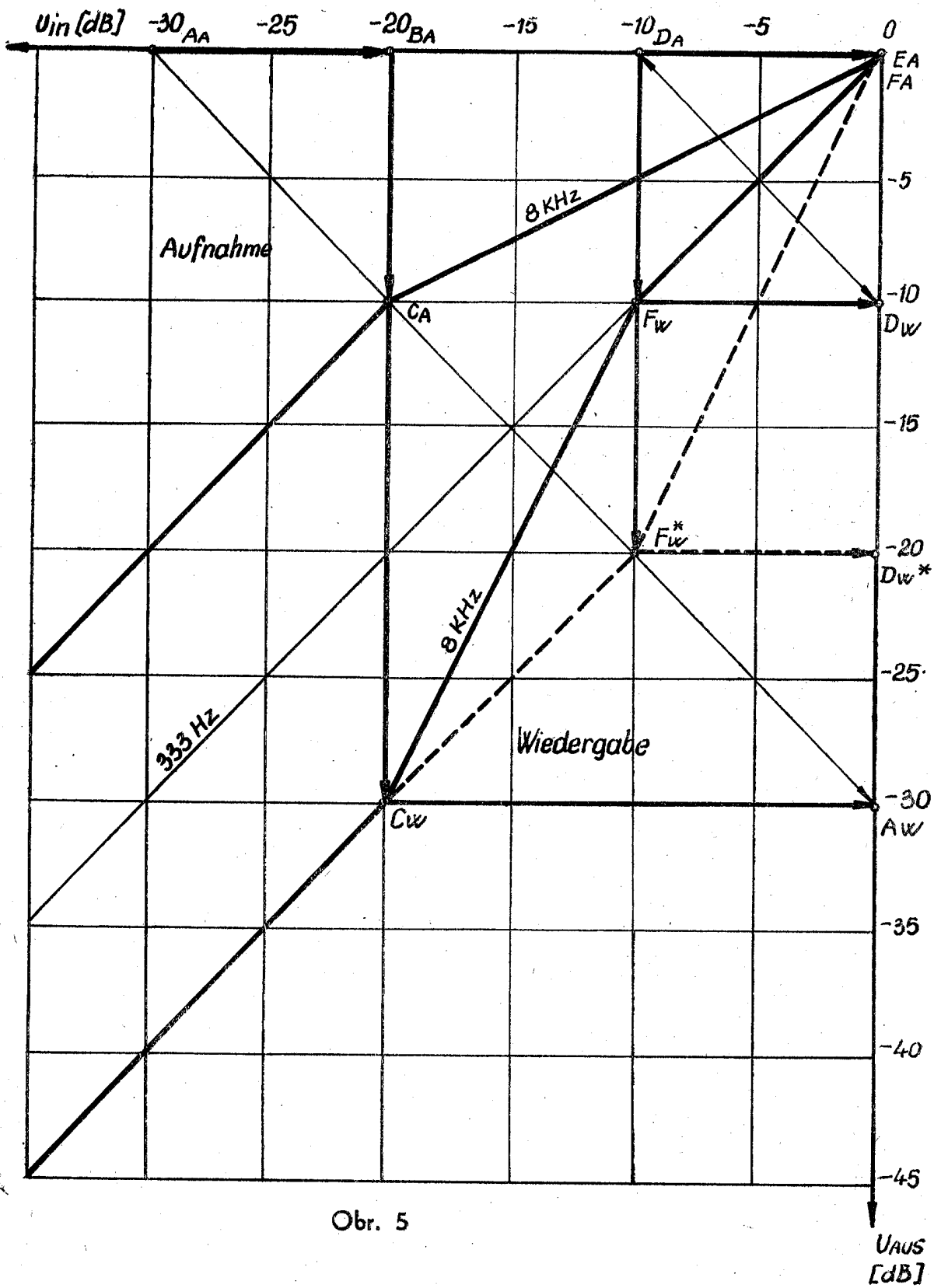


Obr. 2



Obr. 3





Obr. 5