



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

257031

(11) (B1)

(51) Int. Cl.⁴

G 11 B 31/00

(22) Přihlášeno 09 07 86

(21) PV 5174-86.I

(40) zveřejněno 13 08 87

(45) Vydáno 16 01 89

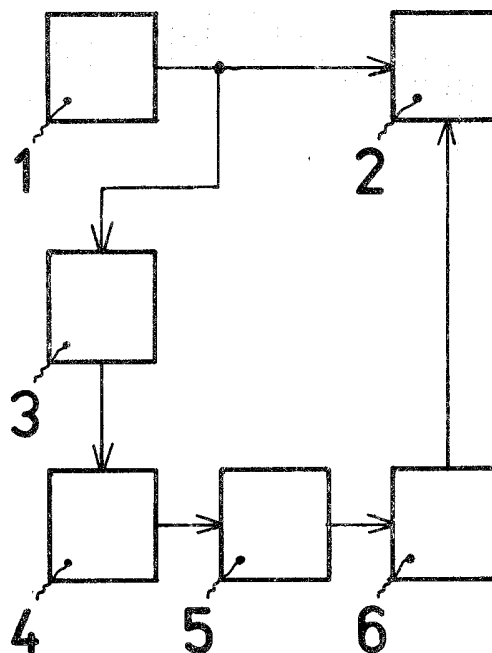
(75)

Autor vynálezu

VRBA PAVEL, PRAHA

(54) Zapojení pro kompresi a expanzi akustických signálů

Zapojení umožňuje vytvoření dynamicky zahuštěného signálu a zpětně z tohoto komprimovaného signálu snadno a přesně vytvořit signál s originální dynamikou. Zdroj /1/ nízkofrekvenčního signálu je připojen jednak na signálový vstup řízeného zesilovače /2/ a jednak na vstup filtru /3/ s dolní a horní propustí. Výstup filtru /3/ je přes obvod /4/ absolutní hodnoty a přes obvod /5/ časové konstanty, jehož časová konstanta je při kompresi poloviční než při expanzi, připojen na obvod /6/ logaritmického převodu, jehož výstup je přes dvoupólový prepínač spojen s řídicím vstupem řízeného zesilovače /2/, tedy se sedmým odporem /R₇/. Při expanzi je výstupem obvodu /6/ logaritmického převodu výstup třetího operačního zesilovače /60/ logaritmického převodníku /61/, mezi nějž a emitor třetího tranzistoru /T₃/ převodníku je zapojen třináctý odpor /R₁₃/. Při kompresi je výstupem výstup čtvrtého operačního zesilovače /70/, kam je připojen sedmnáctý odpor /R₁₇/, jehož druhý konec je spojen s emitorem pátého tranzistoru /T₅/ s uzemněnou bází a kolektorem. Invertující vstup čtvrtého operačního zesilovače /70/ je spojen přes čtrnáctý odpor /R₁₄/ s emitorem třetího tranzistoru /T₃/ a přes patnáctý odpor /R₁₅/ s emitorem pátého tranzistoru /T₅/. Neinvertující vstup pak s emitorem čtvrtého tranzistoru /T₄/ s uzemněným kolektorem a bází a se šestnáctým odporem /R₁₆/ připojeným na záporné napájecí napětí. Mezi odpory platí tyto relace: R₁₃ = R₁₇ = 2 R₇ R₁₄ = 2 R₁₅



Obr.1

Vynález se týká zapojení pro kompresi a expanzi akustických signálů, které umožňuje vytvoření dynamicky zhuštěného signálu a zpětně z tohoto komprimovaného signálu snadno a přesně vytvořit signál s originální dynamikou.

V současné době se pro kompresi a expanzi používá řada systémů. Všechny tyto systémy dělí akustický resp. nízkofrekvenční signál na pásma například anglický systém Dolby A na čtyři pásma, japonský systém dBX na tři pásma a americký systém CX na dvě pásma. Nevýhodou těchto systémů je, že při dělení nízkofrekvenčního signálu na pásma vznikají problémy s posuvem fáze, čímž je nutno doplnit zařízení dalšími obvody a systém se tak stává složitým. Navíc je u některých těchto systémů nutné dodržet určitou nastavovací úroveň.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje zapojení pro kompresi a expanzi akustických signálů podle vynálezu. Jeho podstatou je, že sestává ze zdroje nízkofrekvenčního signálu, který je připojen jednak na signálový vstup řízeného zesilovače a jednak na vstup filtru, který je tvořen horní a dolní propustí. Výstup filtru je přes obvod absolutní hodnoty a přes obvod časové konstanty s impedančním převodníkem připojen na obvod logaritmického převodu. Obvod časové konstanty má při kompresi poloviční hodnotu časové konstanty než při expanzi, což je zaručeno tím, že je tvořen kondenzátorem, jehož jeden konec je uzemněn a k druhému jsou připojeny vždy paralelně osmý a devátý odpor shodné velikosti, kde osmý odpor je spojen se vstupem obvodu časové konstanty přímo a devátý odpor přes spínač. Obvod logaritmického převodu má na výstupu dvoupólový přepínač, který je spojen s řízeným vstupem řídicího zesilovače, který má na tomto řízeném vstupu sedmý odpor, který je připojen ke spojeným emitorům prvního a druhého tranzistoru řízeného zesilovače.

Při expanzi je tento dvoupólový přepínač spojen s výstupem třetího operačního zesilovače a dále přes třináctý odpor s emitorem třetího tranzistoru, který je součástí logaritmického převodníku, který v tomto případě tvoří obvod logaritmického převodu. Tento třináctý odpor má dvojnásobnou hodnotu, než je hodnota sedmého odporu na vstupu řízeného zesilovače. V případě komprese je přepínač spojen s výstupem čtvrtého operačního zesilovače, jehož invertující vstup je jednak přes čtrnáctý odpor spojen s emitorem třetího tranzistoru logaritmického převodníku obvodu logaritmického převodu a jednak přes patnáctý odpor, který má hodnotu rovnou polovině hodnoty čtrnáctého odporu, s emitorem pátého tranzistoru, který je přes sedmáctý odpor spojen s polohu přepínače pro kompresi.

Tento sedmáctý odpor má shodnou hodnotu jako třináctý odpor v emitoru třetího tranzistoru logaritmického převodníku. Báze a kolektor pátého tranzistoru jsou uzemněny. Neinvertující vstup čtvrtého operačního zesilovače je spojen s emitorem čtvrtého tranzistoru, který je zároveň přes šestnáctý odpor připojen na záporné napájecí napětí. Kolektor a báze čtvrtého tranzistoru jsou rovněž uzemněny.

Výhodou zapojení podle vynálezu je, že zpracovává nízkofrekvenční signál jako celek, nedělí jej na pásma a je tedy jednoduchý. Nevznikají zde žádné problémy s posuvem fáze. Barva zvuku zůstává nedotčena, celkové zesílení je regulováno na subakustickém kmitočtu, přičemž okamžité výchyly signálu jsou nedotčeny. Další výhodou systému je, že nemá nastavovací úroveň.

Příklad uspořádání zapojení pro kompresi a expanzi akustických signálů podle vynálezu je naznačen na přiložených výkresech. Na obr. 1 je blokové schéma systému a na obr. 2 je konkrétní zapojení řízeného zesilovače, obvodu časové konstanty a obvodu logaritmického převodu a jejich konkrétní napojení.

Systém je tvořen zdrojem 1 nízkofrekvenčního signálu, jehož výstup je spojen jednak se signálovým vstupem řízeného zesilovače 2 a jednak s filtrem 3, tvořeným horní a dolní propustí. Výstup filtru 3 je přes obvod 4 absolutní hodnoty a obvod 5 časové konstanty spojen se vstupem obvodu 6 logaritmického převodu, jehož výstup je spojen s řídicím vstupem řízeného zesilovače 2.

Řízený zesilovač 2 je tvořen prvním a druhým tranzistorem T_1 , T_2 v diferenciálním zapojení. K bázi prvního tranzistoru T_1 je připojen jednak první odpor R_1 , který je spojen s výstupem zdroje 1 nízkofrekvenčního signálu a jednak druhý odpor R_2 , který je uzemněn.

Báze druhého tranzistoru T_2 je uzemněna. Emitory prvního a druhého tranzistoru T_1 , T_2 jsou spojeny přes sedmý odpor R_7 s výstupem obvodu 6 logaritmického převodu. Kolektor prvního tranzistoru T_1 je spojen s neinvertujícím vstupem prvního operačního zesilovače 20 a dále se společným bodem třetího a čtvrtého odporu R_3 a R_4 , kde čtvrtý odpor R_4 je uzemněn a třetí odpor R_3 je připojen na kladné napájecí napětí $+U$. Kolektor druhého tranzistoru T_2 je spojen s invertujícím vstupem prvního operačního zesilovače 20 a zároveň se společným bodem pátého a šestého odporu R_5 a R_6 , kde pátý odpor R_5 je připojen na kladné napájecí napětí a šestý odpor R_6 je spojen s výstupem prvního operačního zesilovače 20, kde je též výstup celého systému.

Obvod 5 časové konstanty obsahuje druhý operační zesilovač 50 ve funkci sledovače, tzn., že jeho invertující vstup je spojen s jeho výstupem, který je výstupem tohoto obvodu 5 časové konstanty a je připojen na vstup obvodu 6 logaritmického převodu. Na neinvertující vstup druhého operačního zesilovače 50 jsou připojeny jedním koncem osmý odpor R_8 , který je druhým koncem připojen na výstup obvodu 4 absolutní hodnoty, první kondenzátor C_1 , který má druhý konec uzemněn a devátý odpor R_9 , jehož druhý konec je přes spínač 51 připojen k výstupu obvodu 4 absolutní hodnoty. Osmý odpor R_8 a devátý odpor R_9 mají stejnou hodnotu.

Součástí obvodu 6 logaritmického převodu je logaritmický převodník 61. Tento logaritmický převodník 61 má na svém vstupu desátý odpor R_{10} , který je spojen jednak s kolektorem třetího tranzistoru T_3 , který je zároveň připojen na invertující vstup třetího operačního zesilovače 60 a jednak přes jedenáctý odpor R_{11} s běžcem potenciometru R_{12} , jehož jeden konec je uzemněn a druhý je připojen na malé kladné napětí. Báze třetího tranzistoru T_3 je spojena s neinvertujícím vstupem třetího operačního zesilovače 60 a je uzemněna.

V emitoru třetího tranzistoru T_3 je zapojen třináctý odpor R_{13} , jehož druhý konec je spojen s výstupem třetího operačního zesilovače 60 a je přes jednu polohu dvoupólového přepínače 62 spojen s řízeným vstupem, tzn. vlastně se sedmým odporem R_7 , řízeného zesilovače 2 a má dvojnásobnou hodnotu než tento sedmý odpor R_7 . Ve druhé poloze je dvoupólový přepínač 62 připojen k sedmnáctému odporu R_{17} o hodnotě shodné s hodnotou třináctého odporu R_{13} , který je připojen k emitoru pátého tranzistoru T_5 , jehož kolektor je spojen s bází a je uzemněn.

Emitor pátého tranzistoru T_5 je zároveň spojen přes patnáctý a čtrnáctý odpor R_{15} a R_{14} , kde velikost odporu R_{14} je dvojnásobkem velikosti odporu R_{15} , s emitorem třetího tranzistoru T_3 logaritmického převodníku 61. Společný bod čtrnáctého a patnáctého odporu R_{14} a R_{15} je připojen k invertujícímu vstupu čtvrtého operačního zesilovače 70, jehož výstup je spojen s druhou polohou dvoupólového přepínače 62 a tedy i se sedmnáctým odporem R_{17} . Neinvertující vstup čtvrtého operačního zesilovače 70 je spojen jednak s emitorem čtvrtého tranzistoru T_4 , jehož báze a kolektor jsou uzemněny a jednak přes šestnáctý odpor R_{16} se záporným napájecím napětím $-U$. Mezi kolektor a šestnáctý odpor R_{16} je zapojen druhý kondenzátor C_2 .

První až pátý tranzistor T_1 až T_5 systému jsou shodné a jsou umístěny na jednom čipu, čímž jsou teplotně svázány. Napájecí napětí musí být stabilizováno.

Nový účinek vlastně spočívá ve způsobu vytváření řídicího napětí, který umožňuje systém pro kompresi a expanzi podle vynálezu. Řídicí napětí se vytváří přes filtr 3, obvod 4 absolutní hodnoty a obvod 5 časové konstanty a dále se převádí, nyní již jako řídicí proud, na diferenciální dvojici prvního a druhého tranzistoru T_1 a T_2 v řízeném zesilovači 2. Je-li zařízení ve funkci expandéru, znamená to jednak, že obvod 5 časové konstanty je tvořen kondenzátorem C_1 a pouze osmým odporem R_8 a obvod 6 logaritmického převodu polohou dvoupólového přepínače 62 zařazuje do funkce pouze logaritmický převodník 61, tzn. bez čtrnáctého odporu R_{14} a dalších, jím připojených prvků.

Je-li zařízení ve funkci kompresoru, je časová konstanta obvodu 5 časové konstanty poloviční, neboť je zařazen i devátý odpor R_9 a je zapojen celý obvod 6 logaritmického převodu. U expandéru, který je základem tohoto systému, je velikost řídicího proudu přímo odvozena od úrovně vstupního signálu s převodem 1:1, tj. 100% expanze.

Znamená to, že například změna úrovně signálu o +6 dB na vstupu systému vyvolá změnu zisku řízeného zesilovače 2 též o +6 dB, čili výsledná změna úrovně je +12 dB. Ve statických parametrech tedy expandér dynamiku záznamového média vyjádřenou v dB zdvojnásobí. Systém nemá nastavovací úroveň. V celém rozsahu je průběh regulace logaritmický.

Při kompresi je nutné, aby obvod 5 časové konstanty měl poloviční hodnotu časové konstanty a změna napětí převodního tranzistoru, tedy pátého tranzistoru T_5 , ΔU_{BE} , na které je přímo závislý řídicí proud diferenciální dvojice prvního a druhého tranzistoru T_1 a T_2 řízeného zesilovače 2 a tudíž zesílení kompresoru, byla poloviční a opačné polarity, tedy $-\Delta U_{BE}/2$, než napětí U_{BE} na třetím tranzistoru T_3 , které je odvozeno ze vstupního signálu.

Uvedeným uspořádáním se dosáhne velmi výhodných dynamických poměrů systému.

Na výstup zdroje 1 nízkofrekvenčního signálu je připojen signálový vstup řízeného zesilovače 2. Střídavý signál ΔU_{BE} na bázi prvního tranzistoru T_1 řízeného zesilovače 2 způsobuje změny kolektorových proudů prvního a druhého tranzistoru T_1 a T_2 tohoto řízeného zesilovače 2. Tyto změny se projeví jako napěťové změny na třetím a pátém odporu R_3 a R_5 . První operační zesilovač 20 srovná rozdíly napětí na svých vstupech přes šestý odpor R_6 výchytkou výstupu. Tím je dáno určité průchozí zesílení.

Změní-li se nyní napětí na výstupu obvodu 6 logaritmického převodu tak, že proud, probíhající přes sedmý odpor R_7 do emitorů prvního a druhého tranzistoru T_1 a T_2 , stoupne například dvakrát, změny kolektorových proudů zůstanou ve vzájemném poměru nezměněny, neboť se nezměnilo napětí ΔU_{BE} , avšak napěťové změny na třetím odporu R_3 a pátém odporu R_5 budou vlivem většího proudu dvakrát větší, což má za následek dvojnásobnou výchytku na výstupu prvního operačního zesilovače 20. Znamená to tedy, že při stejném vstupním napětí na bázi prvního tranzistoru T_1 se dosáhne různý zisk změnou proudu prvním a druhým tranzistorem T_1 a T_2 . Tato závislost je lineární.

Na výstup zdroje 1 nízkofrekvenčního signálu je též připojen filtr 3, tvořený zde dolní a horní propustí 2. řádu Butterworthova typu, kde kritický kmitočet pro dolní propust je 3,2 kHz a pro horní propust je 110 Hz. Úkolem filtru 3 je omezit vliv okrajových pásem na vytváření řídicího napětí. Princip funkce systému je založen na zcela shodném napětí výstupu kompresoru a vstupu expandéru a je proto nutné případné chyby vyloučit. Z výstupu filtru 3 jde signál na vstup obvodu 4 absolutní hodnoty, kde dochází k dvoucestnému usměrnění nízkofrekvenčního signálu s kladným výstupem. Z výstupu obvodu 4 absolutní hodnoty je zvlněný stejnosměrný signál veden do obvodu 5 časové konstanty přes osmý odpor R_8 .

Při kompresi se k osmému odporu R_8 spínačem 51 připojí devátý odpor R_9 shodné velikosti. Tím je splněna nutná podmínka systému, tj. poloviční časová konstanta při kompresi. Dále je signál veden na vstup obvodu 6 logaritmického převodu. Zde platí, že třináctý a sedmáctý odpor R_{13} a R_{17} jsou shodné a mají dvojnásobnou hodnotu než sedmý odpor R_7 , na řídicím vstupu řízeného zesilovače 2. Dále platí, že patnáctý odpor R_{15} má poloviční hodnotu než čtrnáctý odpor R_{14} . Kladné napětí z výstupu druhého operačního zesilovače 50, který je součástí obvodu 5 časové konstanty, způsobí proudové změny při průchodu desátým odporem R_{10} na vstupu obvodu 6 logaritmického převodu, která se projeví změnou napětí U_{BE} třetího tranzistoru T_3 .

Toto napětí je zcela přesně přeneseno při expanzi spojením výstupu třetího operačního zesilovače 60 s třináctým odporem R_{13} a sedmým odporem R_7 na první a druhý tranzistor T_1 a T_2 řízeného zesilovače 2, neboť při expanzi je dvoupólový přepínač 62 připojen právě na třináctý odpor R_{13} obvodu 6 logaritmického převodu.

Tím je tedy zaručena naprostá shoda kolektorových proudů prvního, druhého a třetího tranzistoru T_1 , T_2 a T_3 .

Při kompresi jsou změny emitoru třetího tranzistoru T_3 obvodu 6 logaritmického převodu zmenšeny na polovinu poměrem 1:2 patnáctého a čtrnáctého odporu R_{15} a R_{14} a polarita je přes napětí emitoru čtvrtého tranzistoru T_4 pomocí čtvrtého operačního zesilovače 70 převrácena. Změnou hodnoty šestnáctého odporu R_{16} lze měnit napětí na emitoru čtvrtého tranzistoru T_4 a tím regulovat pracovní bod pátého tranzistoru T_5 a tím též prvního a druhého tranzistoru T_1 a T_2 řízeného zesilovače 2.

Proudová shoda prvního, druhého a pátého tranzistoru T_1 , T_2 a T_5 je zajištěna spojením výstupu čtvrtého operačního zesilovače 70 se sedmáctým odporem R_{17} , přes dvoupólový přepínač se sedmým odporem R_7 . Druhý kondenzátor C_2 v kolektoru čtvrtého tranzistoru T_4 zamezuje vznik případného šumu. Malé kladné napětí nastavené potenciometrem R_{12} zabráňuje při nulovém signálu překlopení třetího tranzistoru T_3 do inverzního stavu. Zároveň omezuje funkci kompresoru při nejmenších signálech a zabráňuje limitaci na výstupu řízeného zesilovače 2.

Velmi důležitou vlastností systému je jeho odezva na úrovněové skoky, která je nejkritičtější při prudkém zvýšení úrovně. Pro vysvětlení je uvažována tzv. společná úroveň, zvolená z hlediska magnetofonového záznamu - 10 dB; je to úroveň, na které nedochází ani při kompresi ani při expanzi k žádné změně, to znamená, že zisk řízeného zesilovače 2 je při této úrovni 0 dB. Nyní jde o reakci systému na skok z nuly, tedy z úrovně šumu, na 100% úroveň, to je 0 dB z hlediska magnetofonového záznamu. Vychází se z nové výsledné úrovně, jejíž velikost se objeví na výstupu obvodu 4, absolutní hodnoty.

Touto úrovní je nabíjen při kompresi přes osmý a devátý odpor R_8 a R_9 první kondenzátor C_1 . Při časové konstantě při kompresi rovné zhruba 20 ms to znamená, že napětí na prvním kondenzátoru C_1 dosáhne úrovně - 10 dB z hlediska nové úrovně, pokud by se tato ustálila, za zhruba 8 ms. Toto zvýšení napětí se projeví poklesem zisku řízeného zesilovače 2 na úroveň +5 dB z hlediska nové úrovně, pokud by se tato ustálila. Z hlediska střední úrovně je nyní zisk řízeného zesilovače 2 0 dB, čili na výstupu kompresoru je 0 dB.

Zůstane-li vstupní úroveň dále, zisk řízeného zesilovače 2 klesne na 0 dB z hlediska nové úrovně a z hlediska společné úrovně na -5 dB. Na výstupu kompresoru bude tedy -5 dB. Z tohoto rozboru vyplývá, že za 6 až 10 ms při sebevětším skoku již nemůže vzniknout zkreslení.

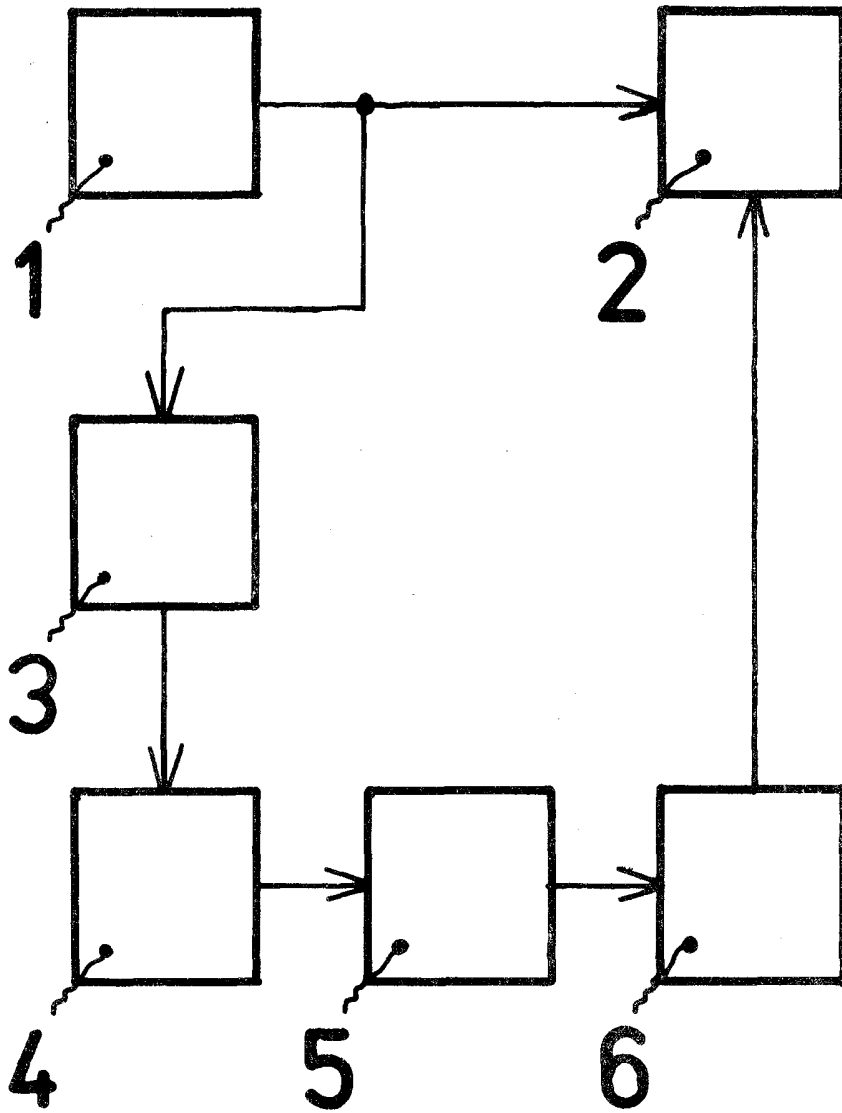
Při expanzi reaguje na náhlé zvýšení úrovně řízený zesilovač 2 rychlým zvyšováním zisku, zatímco zaznamenaný signál má tendenci klesat. Zhruba 8 ms po uvažovaném skoku je zisk řízeného zesilovače 2 -5 dB pod novou zvýšenou úrovní, pokud by tato zůstala; z hlediska společné úrovně je zisk řízeného zesilovače 2 0 dB. V témže čase je zaznamenaný signál na úrovni 0 dB a na výstupu expandéru je též úroveň 0 dB. Po ustálení, v případě, že zůstane stejná úroveň, bude zisk řízeného zesilovače 2 z hlediska nové úrovně 0 dB, z hlediska zvýšené úrovně +5 dB, protože na vstupu expandéru bude -5 dB, na výstupu bude opět 0 dB.

Sledování dějů při dynamickém skoku dolů je mnohem jednodušší a podrobnější analýza jasně prokazuje nutnost použití dvojnásobné časové konstanty pro expanzi a při nejnižších akustických kmitočtech nedochází k žádným defektům a nepatrný posuv fáze, vzniklé při kompresi, je při expanzi zcela opraven.

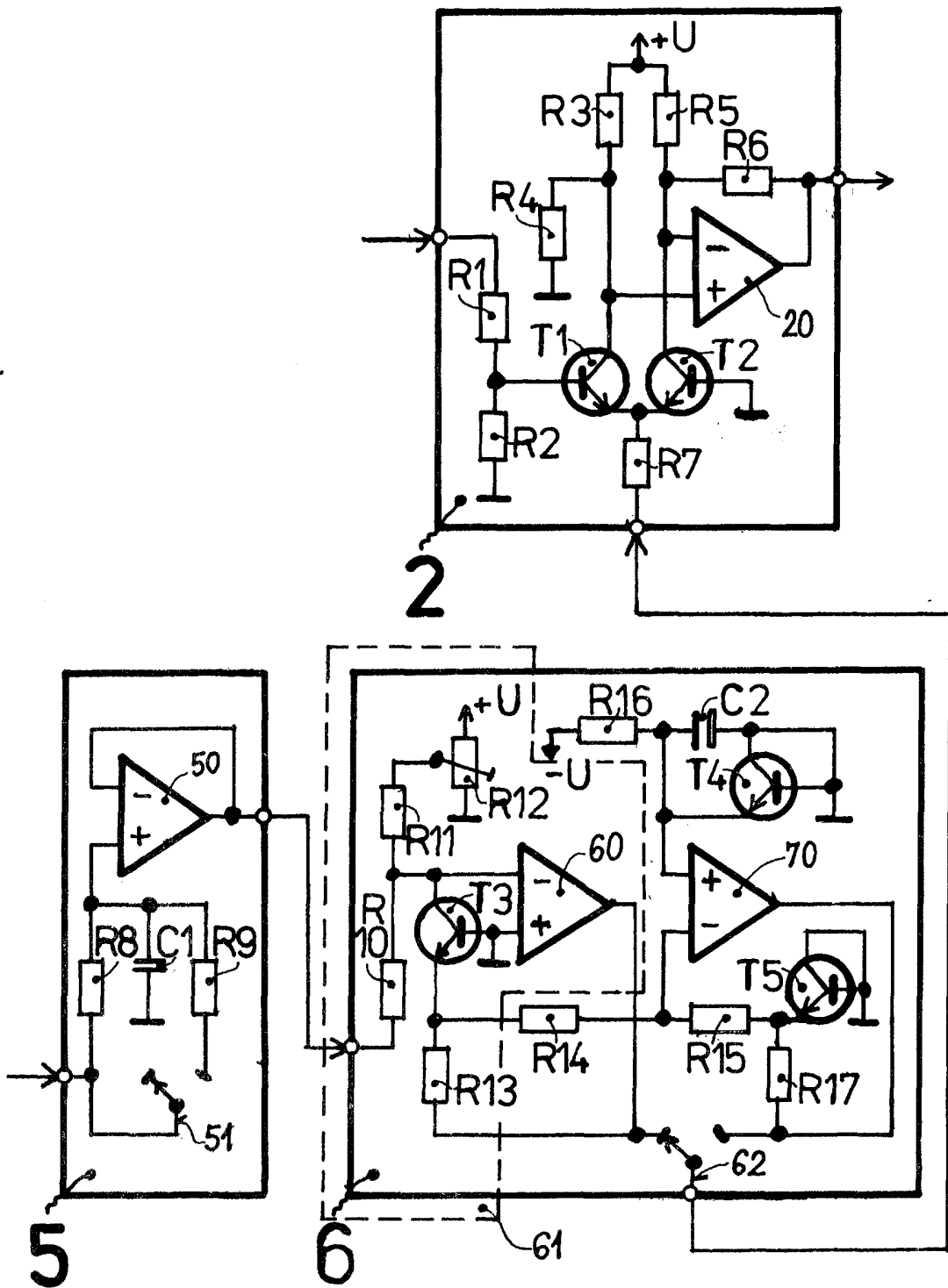
Systém pro kompresi a expanzi podle vynálezu je určen jako doplňkové zařízení ke stávajícím magnetofonům. Umožňuje prakticky bezšumový záznam náročných hudebních snímků s velkou dynamikou. Komprimovaný signál lze bez problému zaznamenat případně i na gramofonovou desku nebo vysílat rozhlasem.

P R Ě D M Ě T V Y N Ā L E Z U

Zapojení pro kompresi a expanzi akustických signálů vyznačující se tím, že sestává ze zdroje /1/ nízkofrekvenčního signálu, který je připojen jednak na signálový vstup řízeného zesilovače /2/ a jednak na vstup filtru /3/, tvořeného horní a dolní propustí, jehož výstup je přes obvod /4/ absolutní hodnoty a přes obvod /5/ časové konstanty s impedančním převodníkem, kde obvod /5/ časové konstanty má při kompresi poloviční hodnotu časové konstanty než při expanzi, připojen na vstup obvodu /6/ logaritmického převodu, jehož výstup je připojen na řídicí vstup řízeného zesilovače /2/, tvořený sedmým odporem /R₇/, spojeným s emitory prvního a druhého tranzistoru /T₁ a T₂/ tohoto řízeného zesilovače /2/, přičemž obvod /6/ logaritmického převodu je při expanzi tvořen logaritmickým převodníkem /61/, kde k emitoru třetího tranzistoru /T₃/ je připojen jeden konec třináctého odporu /R₁₃/, jehož hodnota je dvojnásobná než hodnota sedmého odporu /R₇/ a jehož druhý konec je spojen s výstupem třetího operačního zesilovače /60/ a je zároveň při expanzi výstupem obvodu /6/ logaritmického převodu a při kompresi je výstupem obvodu /6/ logaritmického převodu výstup čtvrtého operačního zesilovače /70/, jehož neinvertující vstup je připojen na emitor čtvrtého tranzistoru /T₄/, který je dále přes šestnáctý odpor /R₁₆/ připojen na záporné stabilizované napájecí napětí a jehož báze a kolektor jsou uzemněny a invertující vstup tohoto čtvrtého operačního zesilovače /70/ je připojen jednak přes čtrnáctý odpor /R₁₄/ na emitor třetího tranzistoru /T₃/ logaritmického převodníku obvodu /6/ logaritmického převodu a jednak přes patnáctý odpor /R₁₅/, jehož velikost je rovna polovině velikosti čtrnáctého odporu /R₁₄/, k emitoru pátého tranzistoru /T₅/, kde k tomuto emitoru je zároveň připojen jeden konec sedmnáctého odporu /R₁₇/, jehož velikost je rovna dvojnásobku velikosti sedmého odporu /R₇/ na vstupu řízeného zesilovače /2/ a jehož druhý konec je spojen s výstupem čtvrtého operačního zesilovače /70/ a tento společný bod je při kompresi spojen s řídicím vstupem řízeného zesilovače /2/ a kolektor a báze tohoto pátého tranzistoru /T₅/ jsou uzemněny.



Obr.1



Obr. 2