

# POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

209891  
(11) (B2)



ÚRAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 29 03 78

(21) (PV 1979-78)

(32) (31) (33) Právo přednosti od 15 09 77  
(EE-2525) Maďarská lidová republika

(40) Zveřejněno 31 03 81

(45) Vydáno 15 06 84

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 02 H 7/20

(72)

Autor vynálezu

FASCÁDY TAMÁS dipl. ing., TORNYI LAJOS, CSISZÁR ISTVÁN dipl. ing.,  
BUDAPEŠŤ (MLR)

(73)

Majitel patentu

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR, BUDAPEŠŤ (MLR)

## (54) Zapojení na ochranu proti přetížení dvojitých výkonových zesilovačů

1

Vynález se týká zapojení na ochranu proti přetížení dvojitých výkonových zesilovačů třídy B nebo AB osazených tranzistory, přičemž vždy k jedné polovině výkonového zesilovače patří po jednu analogicky uspořádaném ochranném obvodu, kteréžto ochranné obvody obsahují první tranzistor, který při přetížení odvádí řídicí signál koncového tranzistoru a kolektor prvního tranzistoru je připojen přes diodu na vedení signálu řídicího koncový tranzistor a jeho emitor je připojen na výstup výkonového zesilovače a první tranzistor je řízen napětím dodávaným děličem, který sestává z odporu nebo členu RC a z prvního nelineárního dvou pólu, jednak z odporu připojeného v sérii ke kolektoru nebo emitoru koncového tranzistoru.

Výstup takových výkonových zesilovačů vykazuje malý vnitřní odpor a je prakticky generátorem napětí. Proud dodávaný výkonovým zesilovačem je při zohlednění daného řízení určován jen zatěžovací impedancí. Když se výkonový zesilovač přetížá, to jest, když je zatěžovací impedance menší než přípustná, může na výstupu téci tak velký proud, že se zničí koncové tranzistory. Aby se zabránilo této nevýhodě, vkládá se mezi výstup výkonového zesilovače a zátěž tavná

2

pojistka nebo některá ze známých elektronických pojistek.

U zesilovačů vyšších výkonů třídy B nebo AB se však stává, že proudem přípustným při plném vybuzení, když se tento proud vyskytne v důsledku přetížení při menším vybuzení, se zničí koncový tranzistor. Příčina je v tom, že při menším vybuzení se zvýší napětí mezi kolektorem a emitorem koncového tranzistoru. Při stejném kolektorovém proudu je tudíž okamžitý ztrátový výkon vyšší než při plném vybuzení. Ochranný obvod, použitý v zesilovačích vyšších výkonů (třídy B nebo AB), by se měl tudíž brát zřetel nejen na kolektorový proud koncového tranzistoru, nýbrž také na napětí mezi jeho kolektorem a emitorem. Ochranný obvod by měl tudíž zaručit, aby koncový tranzistor fungoval spolehlivě uvnitř charakteristiky kolektorového proudu a napětí mezi kolektorem a emitorem jen v oblasti maximálního kolektorového proudu. Takové technické řešení je popsáno v britském patentovém spise číslo 1 236 449.

Podstata známého řešení spočívá v tom, že koncovým tranzistorem je napětí, k jehož úbytku dochází na odporu připojeném v sérii k jeho emitoru nebo kolektoru a spojeném jedním koncem s výstupem zesilovače a úměrné proudu koncového tranzistoru, tím

více omezováno, čím větší je okamžité výstupní napětí zesilovače. Odvádění řídicího signálu koncového tranzistoru je řízeno tranzistorem a může ho být dosaženo tím, že v případě malého výstupního napětí, to jest v případě velkého napětí mezi kolektorem a emitorem koncového tranzistoru, je odvádění řídicího signálu u malého kolektorového proudu větší, než je tomu v případě menšího výstupního napětí, to jest v případě menšího napětí mezi kolektorem a emitorem koncového tranzistoru. Tím se dosáhne toho, že je využit maximální kolektorový proud, přípustný pro koncový tranzistor, aniž by se překročil přípustný okamžitý ztrátový výkon.

Tento ochranný obvod však nedostačuje, když je na zesilovači induktivní přetížení. Při induktivní zátěži posune se okamžitý pracovní bod koncového tranzistoru krátkodobě z přípustné oblasti charakteristiky a ve výstupním signálu se objeví jehlový impuls nebo řada jehlových impulsů. Tento jev může být eliminován, když zabráníme, aby při induktivní zátěži se ochranný obvod uvedl v činnost. K induktivnímu přetížení zesilovače dochází nejčastěji tehdy, když je železné jádro transformátoru připojeného k výstupu nasyceno. Pro vyřešení tohoto problému má být výstupní transformátor vytvořen tak, aby jeho železné jádro nebylo nasyceno v oblasti provozního kmitočtu. Tím se však zvyšují jak náklady, tak také rozměry a váha zesilovače.

Cílem vynálezu je vytvoření zapojení chránící proti přetížení tranzistorované výkonové zesilovače, zatěžované transformátorem bez snížení kvality a výkonu zesilovače.

Úlohou vynálezu je vytvořit zapojení na ochranu výkonových zesilovačů proti přetížení, které má fungovat dostatečně rychle, má se po skončení přetížení automaticky ihned vrátit do základního stavu, nesmí při přípustném zatížení vyvolávat zvýšení nelineárního zkreslení zesilovače, musí zabezpečit, aby koncový tranzistor fungoval jen v bezpečné funkční oblasti své charakteristiky, u něhož při induktivním přetížení, zejména při nasycení železného jádra transformátoru zapojeného na výstupu zesilovače, nesmějí být na výstupu zesilovače vytvářeny žádné jehlové impulsy, přičemž je přípustné čisté zkreslení signálu, které lze přičítat vlivu omezeného proudu při nasycení železného jádra, a při zapnutí zesilovače nesmí být vytvářeno žádné budicí napětí.

Uvedená úloha je podle vynálezu vyřešena a uvedené nevýhody jsou odstraněny u zapojení na ochranu proti přetížení dvojitých výkonových zesilovačů podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že k bázi prvního tranzistoru odvádějího při přetížení řídicí signál koncového tranzistoru, je připojen kolektor druhého tranzistoru, k jeho emitoru je připojen emitore druhého tranzistoru, k bázi druhého tranzistoru je připojen první odpor a druhý odpor, první odpor je připojen na napájecí napětí, druhý odpor je

připojen na výstup výkonového zesilovače, kolektor třetího tranzistoru je připojen přes třetí odpor na napájecí napětí a přes druhý nelineární dvoupól k bázi prvního tranzistoru, emitor třetího tranzistoru je připojen přes první diodu na výstup výkonového zesilovače, přes druhou diodu na zemní potenciál a přes čtvrtý odpor ke své vlastní bázi, která je přes pátý odpor připojena ke kolektoru prvního tranzistoru, přičemž mezi kolektorem prvního tranzistoru a napájecím napětím je zapojen šestý odpor.

Při induktivním přetížení dvojitých zesilovače třídy B nebo AB v důsledku funkce ochranného obvodu podle vynálezu je zabráněno vytváření nežádoucího jehlového impulsu. Při chemickém přetížení se funkce ochranného obvodu klopným obvodem zapojení neovlivní.

Příklad zapojení podle vynálezu je znázorněn na přiložených výkresech, na nichž na obr. 1 je principiální zapojení na ochranu výkonového zesilovače proti přetížení, na obr. 2 jsou znázorněny poměry při zatížení, které se vyskytují při nasycení transformátoru v případě přetížení, přičemž transformátor je připojen k výstupu zesilovače, obr. 3 znázorňuje tvary signálů výstupního napětí a na obr. 4 je znázorněn další příklad provedení zapojení podle vynálezu. Na obr. 1 je zapojení dvojitých zesilovače znázorněn jen jeden z obou koncových tranzistorů **T4** a zapojení pracuje, jak je dále popsáno.

Zapojení podle vynálezu obsahuje první tranzistor **T1**, jehož kolektor je připojen přes třetí diodu **D3** na vedení **V.V.** signálu řídicího koncový tranzistor **T4**. Emitor prvního tranzistoru **T1** je připojen na výstup **Ki** výkonového zesilovače. Báze prvního tranzistoru **T1** je spojena s prvním nelineárním dvoupólem **NL1**, jehož druhý konec je spojen se zemním bodem, a dále je spojena přes sedmý odpor **R7** s emitorem čtvrtého tranzistoru **T4**, který je přes osmý odpor **R8** spojen s výstupem **Ki** výkonového zesilovače. K bázi prvního tranzistoru **T1** je připojen kolektor druhého tranzistoru **T2**, jehož emitor je spojen se zemním bodem, a dále je spojena přes bázi druhého tranzistoru **T2** je připojeno přes první odpor **R1** napájecího napětí **+UT** a přes druhý odpor **R2** výstup **Ki** výkonového zesilovače. Kolektor třetího tranzistoru **T3** je přes třetí odpor **R3** připojen na napájecí napětí **+UT** a přes druhý nelineární dvoupól **NL2** k bázi prvního tranzistoru **T1**. Emitor třetího tranzistoru **T3** je připojen přes první diodu **D1** k výstupu **Ki** výkonového zesilovače, přes druhou diodu **D2** na zemní bod a báze je přes pátý odpor **R5** připojena ke kolektoru prvního tranzistoru **T1**, přičemž mezi kolektorem prvního tranzistoru **T1** a napájecím napětím **+UT** je zapojen šestý odpor **R6**.

Ve výchozím stavu je první tranzistor **T1** uzavřen a funkce zesilovače není ovlivňována ochranným obvodem. Dosáhne-li proud

koncového tranzistoru **T4** určité hodnoty, otevře se první tranzistor **T1** napětím vytvářeným na osmém odporu **R8**, čímž se řídicí signál koncového tranzistoru **T4** stále více odvádí a tím se zabrání dalšímu zvýšení jeho proudu.

Hodnota proto potřebného výstupního proudu závisí také na výstupním napětí, poněvadž řídicí napětí, řídicí první tranzistor **T1**, je ovlivňováno děličem sestávajícím ze sedmého odporu **R7** a z prvního nelineárního dvoupólu **NL1** tím více, čím větší je výstupní napětí.

Ze čtvrtého odporu **R4**, z pátého odporu **R5** a šestého odporu **R6** sestávající dělič báze třetího tranzistoru **T3** má být dimenzován tak, aby třetí tranzistor **T3** byl nasycen, když je první tranzistor **T1** a tím třetí dioda **D3** zavřena. To je lehce proveditelné, ježto kvůli druhé diodě **D2** je emitor třetího tranzistoru **T3** nejméně o napětí na druhé diodě **D2** kladnější než zemní potenciál. Třetí dioda **D3** se uzavře, když je na vedení **V.V.** řídicího signálu, jímž je řízen koncový tranzistor **T4**, zápornější napětí, než napětí na dělicím bodu pátého odporu **R5** a šestého odporu **R6**. Tím se zabrání tomu, aby řídicím signálem se neuzavřel třetí tranzistor **T3**. Ve vodivém stavu třetího tranzistoru **T3** je nelineární dvoupól **NL2**, který sestává s výhodou ze čtvrté diody **D4** a páté diody **D5**, zapojených v sérii s odpovídajícími polaritami, uzavřen a tím je kolektor třetího tranzistoru **T3** odpojen od báze prvního tranzistoru **T1**. Funkce proudu není v tomto případě ovlivňována třetím tranzistorem **T3**. Když ale vlivem přetížení první tranzistor **T1** se stane vodivým, bude napětí kolektoru a dělicího bodu pátého odporu **R5** a šestého odporu **R6** přibližně rovno výstupnímu napětí. Tak se může třetí tranzistor **T3** uzavřít. V tomto stavu se stane druhý nelineární dvoupól **NL2** vodivým a na bázi prvního tranzistoru **T1** bude přes třetí odpor **R3** (v propustném směru) přiloženo větší napětí, čímž se třetí tranzistor **T3** více uzavře. Když dojde k tomuto klopnému jevu, klesne výstupní napětí zesilovače a jeho proud zpět na nulu.

Při kterém výstupním napětí se má uskutečnit tento klopný pochod v případě přetížení zesilovače, je určováno děličem tvořeným čtvrtým odporem **R4** a pátým odporem **R5**. Překlopení nastane totiž, ježto emitor třetího tranzistoru **T3** je druhou diodou **D2** zapojen přibližně na zemní potenciál, při výstupním, popřípadě kolektorovém napětí prvního tranzistoru **T1**, které je děličem tvořeným čtvrtým odporem **R4** a pátým odporem **R5** přiloženo na bázi třetího tranzistoru **T3**, čímž třetí tranzistor **T3** nemůže být více udržován vodivým.

Je výhodné dimenzovat dělič tak, aby překlopení mohlo nastat jen při menším výstupním napětí. Když totiž nastane překlopení, klesne výstupní signál strmě na nulu, čímž se v reproduktorech napájených zesilovačem vyvolá subjektivně nepříjemné zkreslení. Při

menším přetížení zesilovače, vyskytující se při normálním provozu, je účelné vyhnout se takovému zkreslení. Při větším přetížení nebo při zkratu je funkce klopného obvodu velmi užitečná, neboť se tím nápor na silně přetížený koncový tranzistor **T4** může snížit na minimum, aniž by se jeho vybudování mohlo snížit.

Zpětného nastavení do základního stavu a zpětného překlopení obvodu se dosahuje druhým tranzistorem **T2**, přičemž výstupní napětí zesilovače mění svou polaritu. Dělič báze, tvořený prvním odporem **R1** a druhým odporem **R2**, má být dimenzován tak, aby při nulovém výstupním napětí byl druhý tranzistor **T2** na hranici otevření, popřípadě má být vodivým jen poněkud. Když se v tomto případě výstupní napětí stane záporným, druhý tranzistor **T2** jež nevede, první tranzistor **T1** se stane nevodivým a nastane proto zpětné překlopení.

Mimoto je výhodné dimenzovat dělič báze, sestávající z prvního odporu **R1** a druhého odporu **R2** tak, aby kolektorový proud druhého tranzistoru **T2** mohl být nastaven tak, aby při neexistenci proudu zatěžujícího zesilovače, to jest, když je na osmém odporu **R8** nulové napětí, nastalo zpětné překlopení obvodu při nulovém výstupním napětí. To je totiž podmínka pro to, aby ochranný obvod proti přetížení po zapnutí zesilovače byl chráněn, ježto železné jádro transformátoru připojeného na výstup je nasyceno.

První dioda **D1** má zabránit uzavření třetího tranzistoru **T3** v záporné půlperiodě výstupního napětí. Jinak by bylo znemožněno zpětné překlopení klopného obvodu, které se děje působením záporného výstupního napětí, a také uzavření prvního tranzistoru **T1** při záporném výstupním napětí. Nahoře uvedený průběh je však nutný, aby se zabránilo vytvoření impulsu vznikajícího při indukčním přetížení.

V nejjednodušším provedení obsahuje zapojení podle vynálezu jen tranzistory, vrstvé diody a odpory střední hodnoty, může proto být realizováno hybridními nebo monolitickými integrovanými obvody.

Na obr. 2 lze vidět zatěžovací poměry koncového tranzistoru **T4** výkonového zesilovače podle vynálezu, a sice v případě, kdy zesilovač je zatížen přes transformátor ohmickou zátěží a železné jádro transformátoru je nasyceno.

Na obr. 2 znázorňuje čára A vztah mezi kolektorovým proudem a napětím mezi kolektorem a emitorem koncového tranzistoru **T4** v případě ohmické zátěže. Označení **UKio** představuje, že napětí mezi kolektorem a emitorem koncového tranzistoru **T4** je nulové. Křivka **B**, (která ohraničuje šrafovanou oblast) ukazuje, že při přetížení, kdy je ochranný obvod uveden do provozu, nemůže okamžitý pracovní bod koncového tranzistoru **T4** při ohmické zátěži vstoupit do šrafované oblasti. Křivka **C** mezi body **a** a **b**, naznačená čárkovaně, ukazuje účinek klopné-



hodné, když je paralelně k devátému odporu **R9** zapojen první kondenzátor **C1**.

Když se ale mezi bázi koncového tranzistoru **T4** a vedení **V.V.** řídicího signálu zapojí ještě jeden nebo více tranzistorizovaných stupňů, může být napětím mezi kolektorem a emitorem prvního tranzistoru **T1**, aby se zajistilo potřebné proudové zesílení, způsobeno vysokofrekvenční buzení ochranného zapojení v jeho aktivizovaném stavu. Aby se tomu zamezilo, je účelné zapojit mezi kolektor prvního tranzistoru **T1** a katodu třetí diody **D3** desátý odpor **R10**, čímž může být napětí mezi kolektorem a emitorem prvního tranzistoru **T1** v jeho vodivém stavu libovolně nastaveno.

Druhým kondenzátorem **C2**, kompenzujícím fázi, se funkce ochranného zapojení urychluje. Může být i v některých případech výhodný pro zamezení vysokofrekvenčního buzení ochranného zapojení (v aktivizovaném stavu).

Šesté diody **D6** je třeba, poněvadž jinak by v záporné půlperiodě výstupního napětí na bázi prvního tranzistoru **T1** bylo přes jednáctý odpor **R11** přiloženo napětí v propustném směru, čímž by stoupající úsek křivky za bodem **UKio** nebyl tak strmý. Použitím Zenerovy diody **D7** může být aktivizační charakteristika ochranného zapojení (křivka **B**) výhodně modifikována. Při menším výstupním napětí Zenerova dioda **D7** nepropouští a tím je zabráněno odvádění signálu řídicího prvního tranzistoru **T1**; při větším výstupním napětí odpovídající Zenerovu napětí a aktivizační charakteristika (křivka **B**) se posune ve směru většího kolektorového proudu. Tento účinek může být kompenzován menším dimenzováním osmého odporu **R8**; to může být výhodné i z hlediska možnosti vybuzení výkonového zesilovače. Tím se vytvoří v oblasti malého výstupního napětí na aktivizační charakteristice vodorovný úsek, jehož velikost závisí od hodnoty Zenerova napětí Zenerovy diody **D7**. Na tomto úseku připouští ochranné zapojení větší kolektorový proud (výstupní proud) než ten, který by byl při-

puštěn bez použití Zenerovy diody **D7**. To jest výhodné u zátěže obsahující reaktivní složku, například v případě reproduktoru se střídavým filtrem, kde při nulovém výstupním napětí může téci výstupní proud. V tomto případě by aktivace ochranného zapojení mohla vyvolat nežádoucí zkreslení signálu. Přirozeně nesmí být tento zvětšený kolektorový proud tak velký, že by tím ochrana koncového tranzistoru byla ohrožena.

Použití Zenerovy diody je výhodné i pro eliminování jehlových impulsů, poněvadž při malém výstupním napětí zabraňuje, aby ochranné zapojení v aktivním stavu snižujícím se výstupním napětím snižovalo i výstupní proud.

V důsledku použití druhého kondenzátoru **C2** je výkonový zesilovač řízen signálem vyššího kmitočtu a ochranný obvod by byl aktivován při normální zátěži. Aby se tomu zabránilo, je použit třetí kondenzátor **C3** odpovídající hodnoty. Když je železné jádro transformátoru připojeného na výstup výkonového zesilovače nasyceno a výstup není zatížen ohmickou zátěží nebo jen nepatrně, nemůže na úseku **d—U'Kio** křivky nastat pokles proudu a pokles výstupního napětí bude velmi strmý. Pokles proudu začne teprve při změně polarit výstupního napětí. V tomto případě může však být v důsledku rychlého poklesu a v důsledku omezené funkční rychlosti indukovan záporný jehlový impuls. Aby se tomu zabránilo, je použito dvanáctého odporu **R12** a čtvrtého kondenzátoru **C4**, jichž může být použito i k zábráně buzení zesilovače. Jak již dříve uvedeno, sestává zapojení podle vynálezu ze dvou stejných obvodů podle obr. 1 nebo obr. 4. Druhá polovina zapojení je vytvořena analogicky s tím rozdílem, že odpory odpovídající prvnímu odporu **R1**, šestému odporu **R6** a třetímu odporu **R3**, jsou připojeny na záporné napájecí napětí, tranzistory (odpovídající prvnímu tranzistoru **T1**, druhému tranzistoru **T2** a třetímu tranzistoru **T3**) jsou tranzistory typu pnp a všechny diody jsou vůči obr. 4 připojeny s opačnou polaritou.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení na ochranu proti přetížení dvojitých výkonových zesilovačů třídy B nebo AB osazených tranzistory, přičemž vždy k jedné polovině výkonového zesilovače patří po jednom analogicky uspořádaném ochranném obvodu, kteréžto ochranné obvody obsahují první tranzistor, který při přetížení odvádí řídicí signál koncového tranzistoru, a kolektor prvního tranzistoru je připojen přes diodu na vedení signálu řídicího koncový tranzistor a jeho emitor je připojen na výstup výkonového zesilovače a první tranzistor je řízen napětím dodávaným obvodem, který sestává jednak z odporu nebo členu **RC** a z prvního nelineárního dvoupólu, jednak z odporu připojeného v sérii

ke kolektoru nebo emitoru koncového tranzistoru, vyznačující se tím, že k bázi prvního tranzistoru (**T1**) odváděcího při přetížení řídicí signál koncového tranzistoru (**T4**), je připojen kolektor druhého tranzistoru (**T2**), k jeho emitoru je připojen emitor prvního tranzistoru (**T1**), k bázi druhého tranzistoru (**T2**) je připojen první odpor (**R1**) a druhý odpor (**R2**), první odpor (**R1**) je připojen na napájecí napětí (+**UT**), druhý odpor (**R2**) je připojen na výstup (**Ki**) výkonového zesilovače, kolektor třetího tranzistoru (**T3**) je připojen přes třetí odpor (**R3**) na napájecí napětí (+**UT**) a přes druhý nelineární dvoupól (**NL2**) k bázi prvního tranzistoru (**T1**), emitor třetího tranzistoru (**T3**)

je připojen přes první diodu (D1) na výstup (Ki) výkonového zesilovače, přes druhou diodu (D2) na zemní potenciál a přes čtvrtý odpor (R4) ke své vlastní bázi, která je přes pátý odpor (R5) připojena ke kolektoru prvního tranzistoru (T1), přičemž mezi kolektorem prvního tranzistoru (T1) a napájecím napětím (+UT) je zapojen šestý odpor (R6).

2. Zapojení podle bodu 1, vyznačující se tím, že mezi bázi druhého tranzistoru (T2) a zemním potenciálem je zapojen devátý odpor (R9).

3. Zapojení podle bodu 1 nebo 2, vyznačující se tím, že mezi bázi druhého tranzistoru

(T2) a zemním potenciálem je zapojen první kondenzátor (C1).

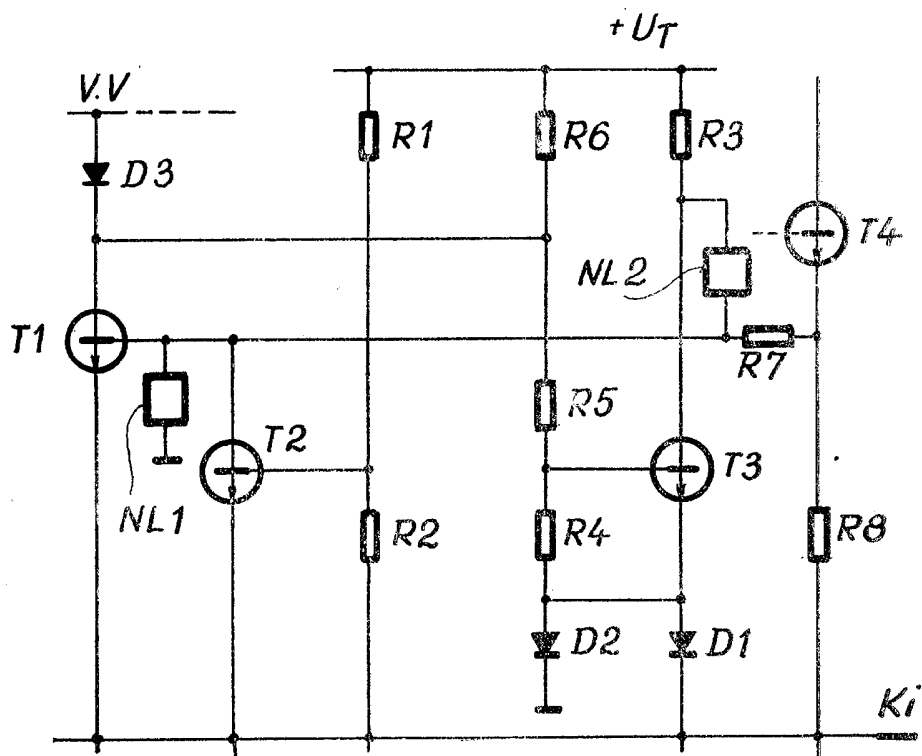
4. Zapojení podle některého z bodů 1 až 3, vyznačující se tím, že k třetí diodě (D3), spojené s kolektorem prvního tranzistoru (T1), je v sérii zapojen desátý odpor (R10).

5. Zapojení podle některého z bodů 1 až 4, vyznačující se tím, že s prvním tranzistorem (T1) spojený první nelineární dvoupól (NL1) sestává ze sériového zapojení šesti diody (D6), Zenerovy diody (D7) a jedenáctého odporu (R11), přičemž k jedenáctému odporu (R11) je paralelně připojen třetí kondenzátor (C3).

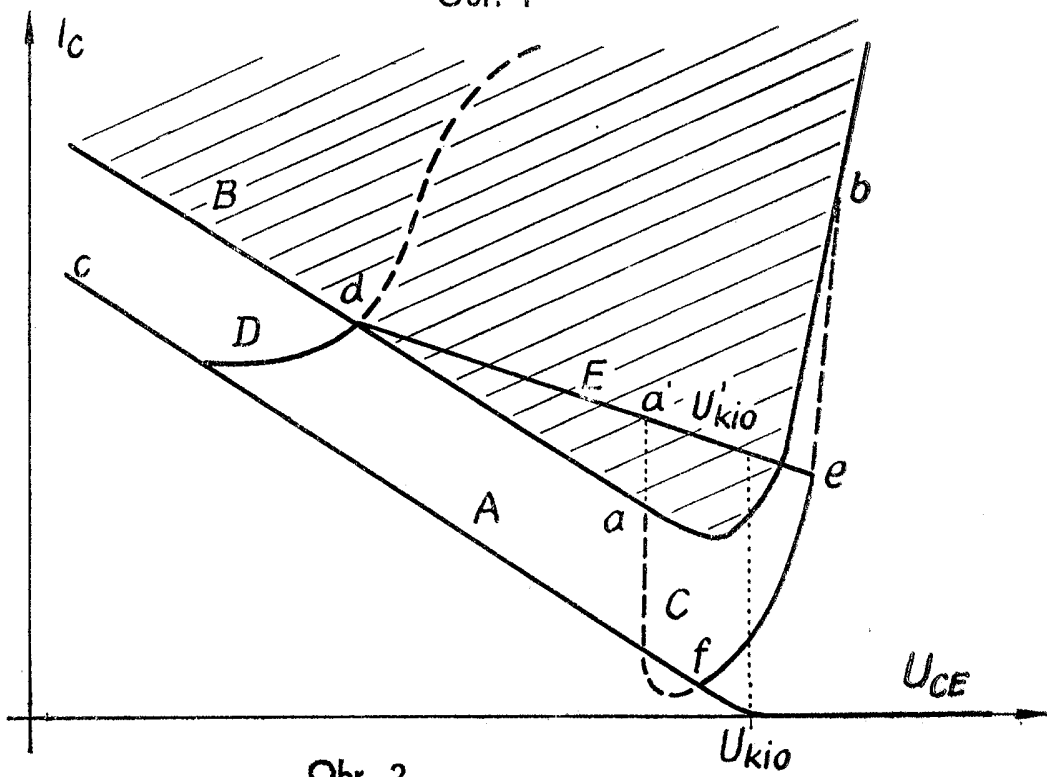
---

2 listy výkresů

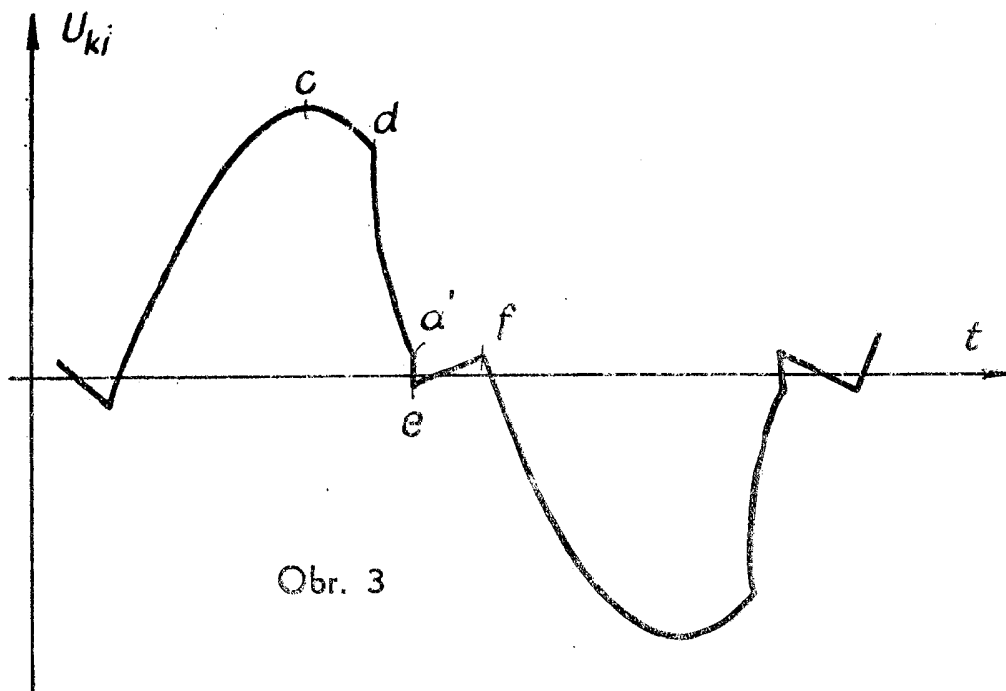
---



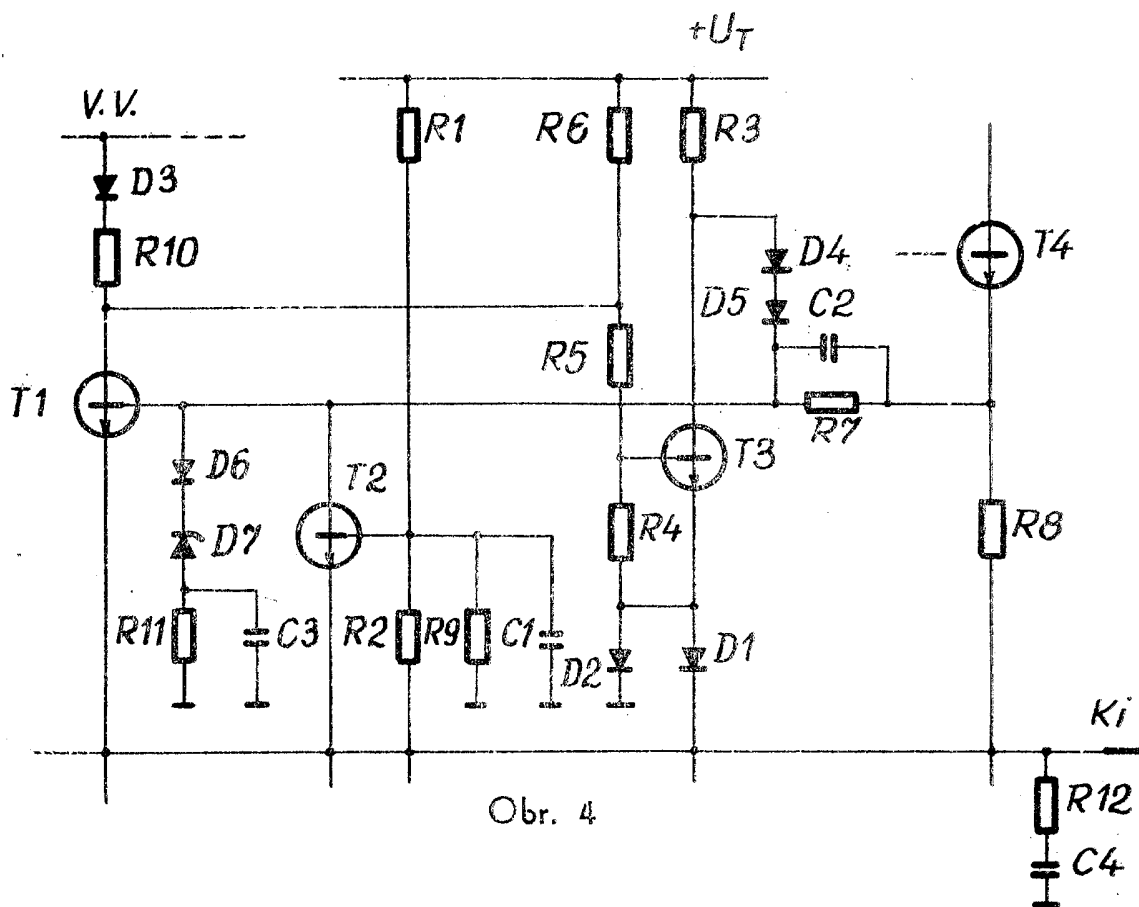
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4