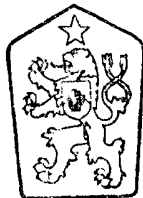


ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

217762

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
H 02 H 7/20

(22) Přihlášeno 06 05 80
(21) (PV 3169-80)

(40) Zveřejněno 28 05 82

(45) Vydáno 15 08 84

(75)
Autor vynálezu

MAŠÍN ZDENĚK ing., ČESKÝ BROD, VOJTA JIŘÍ, KOUŘIM

(54) **Zapojení pro ochranu koncových stupňů polovodičových zesilovačů a servozesilovačů**

1

2

Zapojení pro ochranu koncových stupňů polovodičových zesilovačů a servozesilovačů řeší problém složitého uspořádání dosavadních zapojení tohoto druhu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že řešení umožňuje realizovat můstkový koncový zesilovač s galvanicky navázanou zátěží s použitím tranzistorů, jejichž výkonová ztráta je při provozu zesilovače dána pouze požadovaným výkonem do zátěže.

Zapojení je možno uplatnit u všech nízkofrekvenčních zesilovačů používaných především pro účely dálkového ovládní a regulace různých leteckých a pozemních dopravních zařízení, např. přijímačů, vysílačů, radiokompasů a jiných navigačních zařízení.

Vynález se týká zapojení pro ochranu koncových stupňů polovodičových zesilovačů a servozesilovačů komplementárních nebo kvazikomplementárních můstkových, zvláště s galvanicky připojenou zátěží při zapínání a vypínání napájecího zdroje.

U zapojení koncových výkonových stupňů nízkofrekvenčních zesilovačů, kterých se v současné době používá, se všeobecně upouští od zapojení pushpulloových a pokud možno od použití jakýchkoliv vinutých dílů, jako budících a výstupních transformátorů. Pokud je to možné, zesilovače se řeší s nízkaimpedančním výstupem. Většinou se používají zapojení komplementární a kvazikomplementární s kapacitně vázanou zátěží. Poměrně méně často se používají zapojení využívající dvou napájecích zdrojů zapojených v sérii s uzemněným středem a s galvanicky navázanou zátěží a zapojení dvou protitaktně pracujících zesilovačů s galvanickým zapojením zátěže do diagonály můstku tvořeného koncovými tranzistory obou zesilovačů. Moderní zesilovače pracují ve třídě B s nulovým klidovým proudem koncových tranzistorů se silnou zápornou zpětnou vazbou a velkým ziskem budícího stupně. V koncových stupních výkonových zesilovačů se často používají elektronické pojistky, které chrání koncové stupně před přetížením při přebuzení nebo při zkratu na výstupu.

Nevýhodou takových pojistek je skutečnost, že omezují proud stejně při přebuzení jako při zkratu na zátěži. Při přebuzení koncových tranzistorů mají koncové tranzistory v okamžiku průtoku velkého proudu malé napětí kolektor — emitor, ale při zkratu na zátěži je napětí kolektor — emitor dáno napájecím napětím zdroje, v důsledku čehož je pak i výkonová ztráta značná, takže je nutno používat tranzistory s velkou výkonovou ztrátou. Při umístění zesilovače a zátěže uvnitř zařízení, kde ke zkratu na zátěži při jakékoliv manipulaci nemůže dojít, je použití elektronické pojistky zbytečné. Potíže však nastávají u můstkových zesilovačů s galvanicky vázanou zátěží při zapínání zesilovače na napájecí napětí, kdy vlivem nesterýných časových konstant v jednotlivých částech zesilovače dochází ke krátkodobému rozvážení koncových stupňů, a tím k průchodu nadměrného stejnosměrného proudu zátěží, čímž může dojít ke zničení koncových tranzistorů. K průchodu nadměrného proudu koncovými tranzistory dochází obzvláště tehdy, má-li zatěžovací impedance induktivní charakter s malým ohmickým odporem. Mezi takové zátěže patří například různé motory, servomotory, transformátory, reproduktory apod. Rozdílné časové konstanty jsou způsobeny hlavně nesterýnou kapacitou různých vazebních a blokovacích kondenzátorů, zvláště elektrolytických.

Z důvodů výše uvedených je třeba používat u takových zesilovačů koncové tranzistory s větší výkonovou ztrátou, s většími za-

ručovanými kolektorovými proudy, než je třeba pro normální provoz zesilovače po odeznění přechodových jevů, nebo je třeba zajišťovat shodnost RC členů v jednotlivých částech zesilovače, což je ohledem na faktor stárnutí součástek velmi náročné. Zajistit požadovanou shodnost RC členů v plném rozsahu teplot je velmi obtížné a je především podmíněno přesným výběrem a udržením hodnot potřebných součástek.

Dále je pro daný účel známo řešení s použitím elektronické pojistky pro omezení proudu napájecího zdroje. I v tomto případě se však předpokládá nutnost použití výkonového regulačního tranzistoru přímo v napájecím zdroji.

Jiné řešení pro stejný účel se zařazováním ochranných odporů do obvodů zátěže může sice chránit koncové tranzistory proti nadměrnému průchodu proudu, ale současně snižuje účinnost zesilovače.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje podle tohoto vynálezu nové zapojení pro ochranu koncových stupňů polovodičových zesilovačů a servozesilovačů komplementárních nebo kvazikomplementárních můstkových, zvláště s galvanicky připojenou zátěží, při zapínání a vypínání napájecího zdroje.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že do báze spínacího tranzistoru je připojen odporový dělič napětí tvořený dvěma odpory, kde první odpor je v sérii s nabíjecím kondenzátorem a druhý odpor je spojen s kostrou. Přitom je mezi uzlem tvořeným prvním odporem děliče napětí s nabíjecím kondenzátorem a kostrou zesilovače připojena vybíjecí dioda a kolektor spínacího tranzistoru je připojen na bázi tranzistoru zdroje proudu prvního koncového stupně a na bázi tranzistoru zdroje proudu druhého koncového stupně, jakož i na sériovou kombinaci předpětových kompenzačních diod a dále na předpětový odpor, který je druhým koncem spojen s nabíjecím kondenzátorem a tento uzel je spojen s napájecím zdrojem. Emitory tranzistoru zdroje proudu prvního koncového stupně a tranzistoru druhého koncového stupně jsou spojeny s kostrou zesilovače před emitorové odpory, přičemž emitor spínacího tranzistoru je připojen na kostru zesilovače přímo.

Výhody zapojení podle vynálezu spočívají v tom, že s použitím předmětné ochrany koncových stupňů lze realizovat můstkový koncový zesilovač s galvanicky navázanou zátěží s použitím tranzistorů, jejichž výkonová ztráta je při provozu zesilovače dána pouze požadovaným výkonem do zátěže. V důsledku toho odpadá nutnost použití tranzistorů s neúměrně vysokou výkonovou ztrátou a hlavně výběr RC členů se shodnými parametry, případně použití ochranných odporů v obvodech zátěže, snižujících účinnost zesilovače.

Zapojení pro ochranu koncových stupňů polovodičových zesilovačů a servozesilova-

čů podle vynálezu bude následovně blíže popsáno v příkladovém provedení ve spojení se dvěma shodnými komplementárními zesilovači pomocí výkresů, kde

obr. 1 značí vlastní zapojení pro ochranu koncových stupňů obou zesilovačů v uspořádání NPN a obr. 2 značí konkrétní zapojení jednoho z obou shodných zesilovačů.

Zapojení pro ochranu koncových stupňů podle obr. 1 je uspořádáno tak, že do báze spínacího tranzistoru **T1** je připojen odporový dělič napětí, tvořený dvěma odpory **R1**, **R2**, kde první odpor **R1** je zapojen v sérii s nabíjecím kondenzátorem **C1** a druhý odpor **R2** je spojen s kostrou. Mezi uzlem tvořeným prvním odporem **R1** děliče napětí s nabíjecím kondenzátorem **C1** a kostrou zesilovače je připojena vybíjecí dioda **D3**. Kolektor spínacího tranzistoru **T1** je připojen na bázi tranzistoru **T2** zdroje proudu prvního koncového stupně prvního zesilovače **Z1** a na bázi tranzistoru **T3** zdroje proudu druhého koncového stupně druhého zesilovače **Z2** a na sériovou kombinaci předpětových a kompenzačních diod **D1**, **D2**, a dále na předpětový odpor **R3**. Emitory tranzistoru **T2** zdroje proudu prvního koncového stupně prvního zesilovače **Z1** a tranzistoru **T3** druhého koncového stupně druhého zesilovače **Z2** jsou spojeny se společnou kostrou obou zesilovačů **Z1**, **Z2** přes emitorové odpory **R4**, **R5**, přičemž emitor spínacího tranzistoru **T1** je připojen na kostru zesilovače přímo. Oba zesilovače **Z1**, **Z2** a uzel tvořený předpětovým odporem **R3** a nabíjecím kondenzátorem **C1** jsou připojeny na společný zdroj napájecího napětí. Oba zesilovače **Z1**, **Z2**, připojené na zdroj střídavého napětí jsou připojeny na společný dělič napětí, tvořený odpory **R6**, **R7** s filtračním kondenzátorem **C2**. Mezi výstupy obou zesilovačů **Z1**, **Z2** je zařazen zatěžovací odpor **Rz**.

Podle obr. 2, znázorňujícího zapojení jednoho ze shodných zesilovačů, v daném případě první zesilovač **Z1**, je první tranzistor **T4** komplementární dvojice koncového stupně připojen svým emitorem na emitor druhého tranzistoru **T5** komplementární dvojice koncového stupně a na druhý odpor **R9** střídavého děliče zpětné vazby, jakož i na zatěžovací odpor **Rz** společný pro oba zesilovače **Z1**, **Z2**. Kolektor prvního tranzistoru **T4** komplementární dvojice koncového stupně je spojen s kostrou, jeho báze je připojena na kolektor tranzistoru **T2** zdroje proudu prvního koncového stupně zesilovače a na bázi druhého tranzistoru **T5** komplementární dvojice a kolektor budicího tranzistoru **T6** koncového stupně komplementární dvojice je připojen na zdroj napájecího napětí **Unap**. Emitor budicího tranzistoru **T6** koncového stupně je připojen na zdroj napájecího napětí **Unap** a báze tohoto tranzistoru je připojena na kolektor druhého tranzistoru **T7** diferenciálního zesilovače a na kolektorový odpor **R11** druhého tranzistoru diferenciálního zesilovače. Kolektorový od-

por **R11** druhého tranzistoru diferenciálního zesilovače je svým druhým koncem připojen na zdroj napájecího napětí **Unap**. Emitor druhého tranzistoru **T8** diferenciálního zesilovače je spojen s emitorem prvního tranzistoru **T7** diferenciálního zesilovače a emitorovým odporem **R10** diferenciálního zesilovače. Emitorový odpor **R10** diferenciálního zesilovače je druhým koncem uzemněn. Báze druhého tranzistoru **T8** diferenciálního zesilovače je spojena s vazebním kondenzátorem **C4** a bazovým odporem **R12** druhého tranzistoru **T8** diferenciálního zesilovače, přičemž druhý konec tohoto odporu je připojen na zdroj **Uref** referenčního napětí, vazební kondenzátor **T4** je připojen na zdroj střídavého napětí. Kolektor prvního tranzistoru **T7** diferenciálního zesilovače je připojen na zdroj napájecího napětí **Unap**, a báze tohoto tranzistoru je připojena na první odpor **R9** střídavého děliče zpětné vazby a na blokovací kondenzátor **C3** obvodu zpětné vazby připojený k prvnímu odporu **R8** střídavého děliče zpětné vazby, který je svým druhým vývodem připojen na kostru. Druhý zesilovač **Z2** má shodné zapojení s prvním zesilovačem **Z1**.

Zapojení pro ochranu koncových stupňů polovodičových zesilovačů a servozesilovačů komplementárních nebo kvazikomplementárních můstkových, zvláště s galvanicky připojenou zátěží při zapínání a vypínání napájecího zdroje, pracuje tak, že v okamžiku zapnutí zesilovače na napájecí napětí se nabíjecí kondenzátor **C1** nabíjí přes první odpor **R1** děliče napětí a přechod báze — emitor spínacího tranzistoru **T1** s časovou konstantou danou převážně součinem hodnot prvního odporu **R1** děliče napětí a nabíjecího kondenzátoru **C1**. Spínací tranzistor **T1** je sepnut, předpětovými a kompenzačními diodami **D1** a **D2** neteče žádný proud, napětí kolektor — emitor spínacího tranzistoru **T1** je menší než napětí báze — emitor tranzistorů **T2**, **T3** zdrojů proudu potřebné pro otevření tranzistorů **T2**, **T3**. Tranzistory zdrojů proudu **T2** a **T3** jsou zavřené. Filtrační kondenzátor **C2** druhého děliče napětí **R6**, **R7**, blokovací kondenzátor **C3** obvodu zpětné vazby a vazební kondenzátor **C4** se nabíjejí a pracovní body prvního tranzistoru **T4** komplementární dvojice koncového stupně, druhého tranzistoru **T5** komplementární dvojice koncového stupně, budicího tranzistoru **T6** koncového stupně, prvního tranzistoru **T7** diferenciálního zesilovače a druhého tranzistoru **T8** diferenciálního zesilovače nabývají stabilních hodnot napětových úrovní. První tranzistor **T4** komplementární dvojice koncového stupně je přitom stále zavřený, a tím je i proud galvanicky připojenou zátěží **Rz** nulový. Po době dané součinem hodnot prvního odporu **R1** děliče napětí, nabíjecího kondenzátoru **C1** a parametry spínacího tranzistoru **T1** se spínací tranzistor **T1** uzavře a nastane otevření tranzistorů **T2**, **T3** zdrojů proudu

prvního a druhého koncového stupně zesilovačů. Velikost proudů těchto zdrojů proudu je určena velikostí prvního emitorového odporu **R4** a druhého emitorového odporu **R5**. Takto určené velikosti proudů zdrojů proudu jsou schopné zajistit s ohledem na parametry prvního tranzistoru komplementární dvojice **T4** při vybuzení zesilovače na maximum požadovaný proud zátěží **Rz**, což je však v době, kdy již došlo k podstatnému ukončení přechodových jevů po připojení zesilovače na zdroj napájecího napětí. Galvanicky připojenou zátěží **Rz** potom může protékat stejnosměrný proud jen malé hodnoty, daný nevyvážeností celého systému, způsobené například teplotním driftem apod. Po vypnutí napájecího napětí se nabíjecí kondenzátor **T1** na obr. 1 vybijí přes vybíjecí diodu **D3**.

Přesto, že zapojení zesilovače pracuje s minimálním klidovým proudem koncového stupně, nedochází ke znatelnému zkreslení zesilovacího signálu, protože je v zesilovači zavedena silná záporná zpětná vazba děličem, který je tvořen prvním odporem **R8** střídavého děliče zpětné vazby a druhým odporem **R9** střídavého děliče zpětné vazby

a také tím, že diferenciální zesilovač tvořený prvním tranzistorem **T7** diferenciálního zesilovače a druhým tranzistorem **T8** diferenciálního zesilovače a budicí tranzistor **T6** koncového stupně mají veliký zisk. Tento zisk diferenciálního zesilovače je dán použitými tranzistory, velikostí kolektorového odporu **R11** druhého tranzistoru diferenciálního zesilovače a pracovním bodem diferenciálního zesilovače, jeho emitorovými proudy, které jsou určeny velikostí emitorového odporu **R10** diferenciálního zesilovače a velikostí referenčního napětí **Uref.**, které bývá nastaveno na poloviční napětí napájecího zdroje **Unap**. Všechny stejnosměrné pracovní body zesilovačů **Z1**, **Z2** jsou určeny tímto napětím **Uref**. Napětí **Uref.** je přivedeno přes oddělovací bázevý odpor **R12** druhého tranzistoru diferenciálního zesilovače na bázi druhého tranzistoru **T8** diferenciálního zesilovače. Na tuto bázi je zároveň přivedeno budicí střídavé napětí ze zdroje střídavého napětí přes vazební kondenzátor **C4**. Zdroj střídavého napětí dodává pro zesilovače **Z1**, **Z2** napětí amplitudově shodná, avšak fázově vůči sobě posunutá o 180°.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení pro ochranu koncových stupňů polovodičových zesilovačů a servozsesilovačů komplementárních nebo kvazikomplementárních můstkových, zvláště s galvanicky připojenou zátěží při zapínání a vypínání napájecího zdroje, vyznačující se tím, že do báze spínacího tranzistoru (**T1**) je připojen odporový dělič napětí tvořený dvěma odpory (**R1**, **R2**), kde první odpor (**R1**) je v sérii s nabíjecím kondenzátorem (**C1**) a druhý odpor (**R2**) je uzemněn, přičemž mezi uzel tvořený prvním odporem (**R1**) děliče napětí s nabíjecím kondenzátorem (**C1**) a kostru zesilovače je připojena vybíjecí dioda (**D3**), kolektor spínacího tranzistoru (**T1**) je připojen

na bázi tranzistoru (**T2**) zdroje proudu prvního koncového stupně a na bázi tranzistoru (**T3**) zdroje proudu druhého koncového stupně, jakož i na sériovou kombinaci předpětových a kompenzačních diod (**D1**, **D2**) a dále na předpětový odpor (**R3**) spojený druhým koncem s nabíjecím kondenzátorem (**C1**) a napájecím zdrojem (**Unap**) a emitory tranzistoru (**T2**) zdroje proudu prvního koncového stupně a tranzistoru (**T3**) druhého koncového stupně jsou spojeny s kostrou zesilovače přes emitorové odpory (**R4**, **R5**), přičemž emitor spínacího tranzistoru (**T1**) je připojen na kostru zesilovače přímo.

1 list výkresů

