



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(22) Přihlášeno 08 12 80

(21) PV 8611-80

(40) Zveřejněno 20 02 82

(45) Vydáno 31 10 84

216 889

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³

H 02 H 7/20

[75]

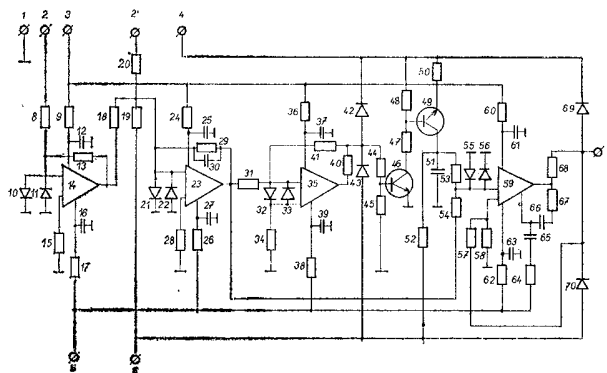
Autor vynálezu

SOLANSKÝ Jiří, Ing., Praha

[54] Zapojení obvodu pro vyhodnocení překročení napětí

Předmětem vynálezu je zapojení obvodu pro vyhodnocení překročení napětí ve stejnosměrných obvodech nad předem zvolenou mez. Překročení napětí nad předem zvolenou mez je kontrolováno spojitě s možností předvolby meze co do tvaru. Přiváděný napěťový signál je prvním operačním zesilovačem upraven tak, že mění svou amplitudu a polaritu vůči svorce nulového potenciálu. Výstupní signál prvního operačního zesilovače je sčítán se signálem přivedeným z druhé vstupní svorky a k součtu těchto signálů je přičítán signál konstantní úrovně určující základní hladinu, od které se měří přepětí, viz připojený obrázek. Dosažení základní hladiny přepětí se identifikuje komparátorem tvořeným třetím operačním zesilovačem. Velikost skutečné hodnoty přepětí je vedena z výstupu druhého operačního zesilovače ke čtvrtému operačnímu zesilovači, který plní funkci sčítacího komparátoru.

Vynález je určen k identifikaci vzniku nedovolených přepětí ve stejnosměrných obvodech, která by mohla poškodit spotřebiče.



(54 Zapojení obvodu pro vyhodnocení překročení napětí

1

Vynález se týká zapojení obvodu pro vyhodnocení překročení napětí ve stejnosměrných obvodech nad předem zvolenou mez.

Dosavadní reléové nebo elektronické obvody sloužící pro vyhodnocení překročení napětí nad předem zvolenou mez nekontrolují překročení napětí spojitě, ale pouze v jednom nebo několika měřicích bodech. Nezaručují tedy identifikaci přepětí mimo kontrolované body a v aplikacích s požadovanou spojitou kontrolou, například ve spouštěcích zdrojích pro letadla, jsou tyto obvody nedostačující.

Zapojení obvodu podle vynálezu odstraňuje uvedené nevýhody a řeší daný úkol tak, že první operační zesilovač je připojen svým invertujícím vstupem jednak přes antiparalelně zapojené první a druhou ochrannou diodu ke svorce nulového potenciálu a jednak přes první odpor k první vstupní svorce obvodu, svým neinvertujícím vstupem přes čtvrtý odpor ke svorce nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes druhý odpor ke svorce kladného napájecího napětí a jednak přes první kondenzátor ke svorce nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes pátý odpor ke svorce záporného napájecího napětí a jednak přes druhý kondenzátor ke svorce nulového potenciálu a svým výstupem jednak přes třetí odpor ke svému invertujícímu vstupu a jednak přes šestý odpor ke společnému bodu sedmého a osmého odporu propojeného s invertujícím vstupem druhého operačního zesilovače, kde druhý konec sedmého odporu je připojen ke svorce záporného referenčního napětí a druhý konec osmého odporu je připojen ke druhé vstupní svorce obvodu, druhý operační zesilovač je připojen svým invertujícím vstupem přes antiparalelně zapojené třetí a čtvrtou ochrannou diodu ke svorce nulového potenciálu, svým neinvertujícím vstupem přes jedenáctý odpor ke svorce nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes devátý odpor ke svorce kladného napájecího napětí a jednak přes třetí kondenzátor ke svorce nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes desátý odpor ke svorce záporného napájecího napětí a jednak přes čtvrtý kondenzátor ke svorce nulového potenciálu a svým výstupem jednak přes paralelní kombinaci dvanáctého odporu a pátého kondenzátoru ke svému invertujícímu vstupu a jednak přes třináctý odpor k neinvertujícímu vstupu třetího operačního zesilovače, třetí operační zesilovač je svým invertujícím vstupem připojen přes čtrnáctý odpor ke svorce nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes patnáctý odpor ke svorce kladného napájecího napětí

2

a jednak přes šestý kondenzátor ke svorce nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes šestnáctý odpor ke svorce záporného napájecího napětí a jednak přes sedmý kondenzátor ke svorce nulového potenciálu a svým výstupem přes sedmnáctý odpor ke katodě druhé záchytné diody a anodě první záchytné diody, přičemž katoda druhé záchytné diody je připojena jednak přes devatenáctý odpor k bázi prvního tranzistoru a jednak přes osmnáctý odpor k neinvertujícímu vstupu třetího operačního zesilovače, kde mezi neinvertujícím a invertujícím vstupem tohoto třetího operačního zesilovače jsou antiparalelně zapojeny pátá a šestá ochranná dioda, první tranzistor je svou bází připojen přes dvacátý odpor ke svorce nulového potenciálu a svým kolektorem přes dvacátý první odpor k bázi druhého tranzistoru, druhý tranzistor je svou bází připojen přes dvacátý druhý odpor ke svorce kladného referenčního napětí, svým emitorem přes dvacátý třetí odpor ke svorce kladného referenčního napětí a svým kolektorem jednak přes dvacátý čtvrtý odpor ke svorce záporného referenčního napětí, jednak přes osmý kondenzátor ke svorce nulového potenciálu a jednak přes dvacátý pátý odpor k invertujícímu vstupu čtvrtého operačního zesilovače, přičemž čtvrtý operační zesilovač je připojen svým invertujícím vstupem jednak přes antiparalelně zapojené sedmou a osmou ochrannou diodu ke svorce nulového potenciálu a jednak přes dvacátý šestý odpor k výstupu druhého operačního zesilovače, svým neinvertujícím vstupem jednak přes dvacátý sedmý odpor ke katodě čtvrté záchytné diody a jednak přes dvacátý osmý odpor ke svorce nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes dvacátý devátý odpor ke svorce kladného napájecího napětí a jednak přes devátý kondenzátor ke svorce nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes třicátý odpor ke svorce záporného napájecího napětí a jednak přes desátý kondenzátor ke svorce nulového potenciálu, svým kompenzačním vstupem přes jedenáctý kondenzátor a třicátý první odpor ke svorce záporného napájecího napětí a svým výstupem jednak přes sériovou kombinaci třicátého druhého odporu a dvanáctého kondenzátoru ke kompenzačnímu vstupu a jednak přes třicátý třetí odpor a anodě třetí záchytné diody a katodě čtvrté záchytné diody propojených s výstupní svorkou obvodu, kde katody první a třetí záchytné diody jsou propojeny a spojeny se svorkou kladného referenčního napětí a anody druhé a čtvrté záchytné diody jsou propojeny a spojeny se svorkou záporného referenčního napětí.

Výhodou obvodu podle vynálezu je skutečnost, že překročení napětí nad povolenou mez předem stanovenou je kontrolováno spojitě a dále možnost jednoduché předvolby povolené meze co do tvaru. Zapojení obvodu umožňuje, že předvolené meze přepětí jsou nezávislé na okolních vlivech, například teplotě, napájecím napětí a podobně.

Příklad zapojení obvodu podle vynálezu je zobrazen na připojeném výkresu. První operační zesilovač **14** je zde připojen svým invertujícím vstupem jednak přes antiparalelně zapojené první a druhou ochrannou diodu **10, 11** ke svorce **1** nulového potenciálu a jednak přes první odpor **8** k první vstupní svorce **2** obvodu, svým neinvertujícím vstupem přes čtvrtý odpor **15** ke svorce **1** nulového potenciálu. Kladným napájecím vstupem je první operační zesilovač **14** připojen jednak přes druhý odpor **9** ke svorce **3** kladného napájecího napětí a jednak přes první kondenzátor **12** ke svorce **1** nulového potenciálu, záporným napájecím vstupem je pak připojen jednak přes pátý odpor **17** ke svorce **5** záporného napájecího napětí a jednak přes druhý kondenzátor **16** ke svorce **1** nulového potenciálu. Svým výstupem je první operační zesilovač **14** připojen jednak přes třetí odpor **13** ke svému invertujícímu vstupu a jednak přes šestý odpor **18** ke společnému bodu sedmého a osmého odporu **19, 20** propojeného s invertujícím vstupem druhého operačního zesilovače **23**. Druhý konec sedmého odporu **19** je připojen ke svorce **6** záporného referenčního napětí a druhý konec osmého odporu **20** je připojen ke druhé vstupní svorce **2'** obvodu.

Druhý operační zesilovač **23** je připojen svým invertujícím vstupem přes antiparalelně zapojené třetí a čtvrtou ochrannou diodu **21, 22** ke svorce **1** nulového potenciálu, svým neinvertujícím vstupem přes jedenáctý odpor **28** ke svorce **1** nulového potenciálu. Svým kladným napájecím vstupem je druhý operační zesilovač **23** připojen jednak přes devátý odpor **24** ke svorce **3** kladného napájecího napětí a jednak přes třetí kondenzátor **25** ke svorce **1** nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem je pak připojen jednak přes desátý odpor **26** ke svorce **5** záporného napájecího napětí a jednak přes čtvrtý kondenzátor **27** ke svorce **1** nulového potenciálu. Svým výstupem je druhý operační zesilovač **23** připojen jednak přes paralelní kombinaci dvanáctého odporu **29** a pátého kondenzátoru **30** ke svému invertujícímu vstupu a jednak přes třináctý odpor **31** k neinvertujícímu vstupu třetího operačního zesilovače **35**.

Třetí operační zesilovač **35** je svým neinvertujícím vstupem připojen přes čtrnáctý odpor **34** ke svorce **1** nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes patnáctý odpor **36** ke svorce **3** kladného napájecího napětí a jednak přes šestý

kondenzátor **37** ke svorce **1** nulového potenciálu a svým záporným napájecím vstupem jednak přes šestnáctý odpor **38** ke svorce **5** záporného napájecího napětí a jednak přes sedmý kondenzátor **39** ke svorce **1** nulového potenciálu. Svým výstupem je třetí operační zesilovač **35** připojen přes sedmnáctý odpor **40** ke katodě druhé záchytné diody **43** a anodě první záchytné diody **42**. Katoda druhé záchytné diody **43** je připojena jednak přes devatenáctý odpor **44** k bázi prvního tranzistoru **46** a jednak přes osmnáctý odpor **41** k neinvertujícímu vstupu třetího operačního zesilovače **35**. Mezi neinvertujícím a invertujícím vstupem tohoto třetího operačního zesilovače **35** jsou antiparalelně zapojeny pátá a šestá ochranná dioda **32, 33**.

První tranzistor **46** je svou bází připojen přes dvacátý odpor **45** ke svorce **1** nulového potenciálu a svým emitorem rovněž ke svorce **1** nulového potenciálu a svým kolektorem přes dvacátýprvní odpor **47** k bázi druhého tranzistoru **49**.

Druhý tranzistor **49** je svou bází připojen přes dvacátýdruhý odpor **48** ke svorce **4** kladného referenčního napětí, svým emitorem přes dvacátýtřetí odpor **50** rovněž ke svorce **4** kladného referenčního napětí a svým kolektorem jednak přes dvacátý čtvrtý odpor **52** ke svorce **6** záporného referenčního napětí, jednak přes osmý kondenzátor **51** ke svorce **1** nulového potenciálu a jednak přes dvacátýpátý odpor **53** k invertujícímu vstupu čtvrtého operačního zesilovače **59**.

Čtvrtý operační zesilovač **59** je připojen svým invertujícím vstupem jednak přes antiparalelně zapojené sedmou a osmou ochrannou diodu **55, 56** ke svorce **1** nulového potenciálu a jednak přes dvacátýšestý odpor **54** k výstupu druhého operačního zesilovače **23**, svým neinvertujícím vstupem jednak přes dvacátýsedmý odpor **57** ke katodě čtvrté záchytné diody **70** a jednak přes dvacátýosmý odpor **58** ke svorce **1** nulového potenciálu. Svým kladným napájecím vstupem je připojen jednak přes dvacátýdevátý odpor **60** ke svorce **3** kladného napájecího napětí a jednak přes devátý kondenzátor **61** ke svorce **1** nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes třicátý odpor **62** ke svorce **5** záporného napájecího napětí a jednak přes desátý kondenzátor **63** ke svorce **1** nulového potenciálu. Svým kompenzačním vstupem je čtvrtý operační zesilovač **59** připojen přes jedenáctý kondenzátor **65** a třicátýprvní odpor **64** ke svorce **5** záporného napájecího napětí a svým výstupem jednak přes seriovou kombinaci třicátého druhého odporu **67** a dvanáctého kondenzátoru **66** ke kompenzačnímu vstupu a jednak přes třicátýtřetí odpor **68** k anodě třetí záchytné diody **69** a katodě čtvrté záchytné diody **70** propojených s výstupní svorkou **7** obvodu. Katody první a třetí záchytné diody **42, 69** jsou propojeny

a spojeny se svorkou 4 kladného referenčního napětí a anody druhé a čtvrté záchytné diody 43, 70 jsou propojeny a spojeny se svorkou 6 záporného referenčního napětí.

Funkce obvodu podle vynálezu je následující. Měřené napětí je přiváděno na první a druhou vstupní svorku 2, 2', přitom na druhé vstupní svorce 2' je napětí vždy kladnější než na první vstupní svorce 2 obvodu. Napěťový signál z první vstupní svorky 2 obvodu je prvním operačním zesilovačem 14 upraven tak, že mění polaritu vůči svorce 1 nulového potenciálu a amplitudu. Ochranné diody 10, 11 (první a druhá ochranná dioda) chrání invertující vstup prvního operačního zesilovače 14 proti napěťovému přetížení, odpory a kondenzátory 9, 17, 12, 16 v jeho napájecích větvích filtrují napájecí napětí. Pomocí prvního odporu 8 a třetího odporu 13 je vhodně upravováno zesílení prvního operačního zesilovače 14, čtvrtý odpor 15 pak symetrizuje impedance na obou vstupech tohoto prvního operačního zesilovače 14. Výstupní signál prvního operačního zesilovače 14 je veden přes šestý odpor 18 a je sčítán se signálem přivedeným z druhé vstupní svorky 2' obvodu přes osmý odpor 20. K součtu těchto signálů je přičítán signál konstantní úrovně ze svorky 6 záporného referenčního napětí přes sedmý odpor 19, který určuje základní hladinu, od které se měří předpětí, přičemž výsledek je přiváděn na invertující vstup druhého operačního zesilovače 23 (včetně zpětnovazebního singálu z výstupu druhého operačního zesilovače 23 přes dvanáctý odpor 29 a pátý kondenzátor 30). Druhý operační zesilovač 23 má svůj invertující vstup chráněn napěťově třetí a čtvrtou ochrannou diodou 21, 22, jedenáctý odpor 28 je symetrizační, odpory a kondenzátory 24, 26, 25 a 27 v napájecích větvích filtrují napájecí napětí.

Dosažení základní hladiny přepětí se identifikuje komparátorem, tvořeným třetím operačním zesilovačem 35, kdy napěťový signál za sedmnáctým odporem 40 úrovně logické nuly znamená dosažení této základní hladiny přepětí. Hystereze tohoto komparátoru je dána poměrem odporů 41, 31, čtrnáctý odpor 34 je symetrizační. Vstupy komparátoru jsou napěťově chráněny pátou a šestou ochrannou diodou 32, 33, odpory a kondenzátory v napájecích větvích komparátoru 36, 37, 38 a 39 filtrují napájecí napětí. Sedmnáctý odpor 40 chrání výstup třetího operačního zesilovače 35 proti proudovému přetížení. Rozkmit třetího operačního zesilovače 35 je

definován první a druhou záchytnou diodou 42, 43 připojenými ke zdroji referenčního napětí na svorkách 4, 6 obvodu.

Osmý kondenzátor 51, na kterém se pomocí odporu 52 definuje tvar povoleného přepětí, je při logickém signálu 1 na výstupu třetího operačního zesilovače 35 za odporem 40 (který odpovídá stavu bez přepětí) nabit přes druhý tranzistor 49 a odpor 50 na referenční napětí svorky 4 kladného referenčního napětí. Druhý tranzistor 49 je saturován pomocí zesilovače tvořeného prvním tranzistorem 46 a odpory 47 a 44. Odpory 45 a 48 definují klidový proud uvedených tranzistorů 46 a 49.

Při dosažení základní hladiny povoleného přepětí, kdy signál za odporem 40 má velikost logické nuly, se tranzistory 46 a 49 uzavřou a kondenzátor 51 je vybíjen odporem 52. Velikost skutečné hodnoty přepětí je vedena z výstupu druhého operačního zesilovače 23 přes odpor 54 na invertující vstup čtvrtého operačního zesilovače 59, kam je rovněž přiváděna velikost povoleného tvaru přepětí přes odpor 53. Čtvrtý zesilovač 59 plní funkci sčítacího komparátoru. Je-li signál skutečné hodnoty přepětí z výstupu druhého operačního zesilovače 23 větší než signál povoleného tvaru přepětí z kondenzátoru 51, je na výstupu komparátoru tvořeného čtvrtým operačním zesilovačem 59 za odporem 68 na výstupní svorce 7 obvodu přítomen signál o velikosti logické jedničky. Hystereze uvedeného komparátoru je definována poměrem odporů 57 a 58. Ochranné diody 55, 56 chrání invertující vstup čtvrtého operačního zesilovače 59 před napěťovým přetížením, odpory a kondenzátory 60, 61, 62 a 63 tvoří filtry napájecího napětí uvedeného operačního zesilovače. Odpory 64, 67 a kondenzátory 65, 66 upravují frekvenční přenos čtvrtého operačního zesilovače 59 a odpor 68 pak chrání jeho výstup před proudovým přetížením. Záchytné diody 69, 70 definují napěťový rozkmit čtvrtého operačního zesilovače 59 za odporem 68. Termín operační zesilovač v popisu uváděný zahrnuje samozřejmě i příslušné prvky upravující jeho frekvenční přenos, i když nejsou podrobně specifikovány.

Zapojení obvodu podle vynálezu je určeno pro takové aplikace, kde je zapotřebí identifikovat vznik nedovolených přepětí ve stejnosměrných obvodech, která by mohla poškodit spotřebiče. Jedná se zejména o ochranu spotřebičů napájených usměrňovacími filtry, například automobilů a letadel.

Zapojení obvodu pro vyhodnocení překročení napětí ve stejnosměrných obvodech nad předem zvolenou mez, obsahující operační zesilovače, vyznačující se tím, že první operační zesilovač (14) je připojen svým invertujícím vstupem jednak přes antiparalelně zapojené první a druhou ochrannou diodu (10, 11) ke svorce (1) nulového potenciálu a jednak přes první odpor (8) k první vstupní svorce (2) obvodu, svým neinvertujícím vstupem přes čtvrtý odpor (15) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes druhý odpor (9) ke svorce (3) kladného napájecího napětí a jednak přes první kondenzátor (12) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes pátý odpor (17) ke svorce (5) záporného napájecího napětí a jednak přes druhý kondenzátor (16) ke svorce (1) nulového potenciálu a svým výstupem jednak přes třetí odpor (13) ke svému invertujícímu vstupu a jednak přes šestý odpor (18) ke společnému bodu sedmého a osmého odporu (19, 20) propojeného s invertujícím vstupem druhého operačního zesilovače (23), kde druhý konec sedmého odporu (19) je připojen ke svorce (6) záporného referenčního napětí a druhý konec osmého odporu (20) je připojen ke druhé vstupní svorce (2') obvodu, druhý operační zesilovač (23) je připojen svým invertujícím vstupem přes antiparalelně zapojené třetí a čtvrtou ochrannou diodu (21, 22) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým neinvertujícím vstupem přes jedenáctý odpor (28) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes devátý odpor (24) ke svorce (3) kladného napájecího napětí a jednak přes třetí kondenzátor (25) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes desátý odpor (26) ke svorce (5) záporného napájecího napětí a jednak přes čtvrtý kondenzátor (27) ke svorce (1) nulového potenciálu a svým výstupem jednak přes paralelní kombinaci dvanáctého odporu (29) a pátého kondenzátoru (30) ke svému invertujícímu vstupu a jednak přes třináctý odpor (31) k neinvertujícímu vstupu třetího operačního zesilovače (35), třetí operační zesilovač (35) je svým invertujícím vstupem připojen přes čtrnáctý odpor (34) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes patnáctý odpor (36) ke svorce (3) kladného napájecího napětí a jednak přes šestý kondenzátor (37) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes šestnáctý odpor (38) ke svorce (5) záporného napájecího napětí a jednak přes sedmý kondenzátor (39) ke svorce (1) nulového potenciálu a svým výstupem přes sedmnáctý odpor (40) ke katodě druhé zá-

chytné diody (43) a anodě první záchytné diody (42), přičemž katoda druhé záchytné diody (43) je připojena jednak přes devatenáctý odpor (44) k bázi prvního tranzistoru (46) a jednak přes osmnáctý odpor (41) k neinvertujícímu vstupu třetího operačního zesilovače (35), kde mezi neinvertujícím a invertujícím vstupem tohoto třetího operačního zesilovače (35) jsou antiparalelně zapojeny pátá a šestá ochranná dioda (32, 33), první tranzistor (46) je svou bází připojen přes dvanáctý odpor (45) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým emitorem ke svorce (1) nulového potenciálu a svým kolektorem přes dvacátýprvní odpor (47) k bázi druhého tranzistoru (49), druhý tranzistor (49) je svou bází připojen přes dvacátýdruhý odpor (48) ke svorce (4) kladného referenčního napětí, svým emitorem přes dvacátýtřetí odpor (50) ke svorce (4) kladného referenčního napětí a svým kolektorem jednak přes dvacátýčtvrtý odpor (52) ke svorce (6) záporného referenčního napětí, jednak přes osmý kondenzátor (51) ke svorce (1) nulového potenciálu a jednak přes dvacátýpátý odpor (53) k invertujícímu vstupu čtvrtého operačního zesilovače (59), přičemž čtvrtý operační zesilovač (59) je připojen svým invertujícím vstupem jednak přes antiparalelně zapojené sedmou a osmou ochrannou diodu (55, 56) ke svorce (1) nulového potenciálu a jednak přes dvacátýšestý odpor (54) k výstupu druhého operačního zesilovače (23), svým neinvertujícím vstupem jednak přes dvacátýsedmý odpor (57) ke katodě čtvrté záchytné diody (70) a jednak přes dvacátýosmý odpor (58) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým kladným napájecím vstupem jednak přes dvacátýdevátý odpor (60) ke svorce (3) kladného napájecího napětí a jednak přes devátý kondenzátor (61) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým záporným napájecím vstupem jednak přes třicátý odpor (62) ke svorce (5) záporného napájecího napětí a jednak přes desátý kondenzátor (63) ke svorce (1) nulového potenciálu, svým kompenzačním vstupem přes jedenáctý kondenzátor (65) a třicátýprvní odpor (64) ke svorce (5) záporného napájecího napětí a svým výstupem jednak přes sériovou kombinaci třicátého druhého odporu (67) a dvanáctého kondenzátoru (66) ke kompenzačnímu vstupu a jednak přes třicátýtřetí odpor (68) k anodě třetí záchytné diody (69) a katodě čtvrté záchytné diody (70) propojených s výstupní svorkou (7) obvodu, kde katody první a třetí záchytné diody (42, 69) jsou spojeny a propojeny se svorkou (4) kladného referenčního napětí a anody druhé a čtvrté záchytné diody (43, 70) jsou spojeny a propojeny se svorkou (6) záporného referenčního napětí.

