

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

242297
(11) (B1)



(22) Přihlášeno 29 12 84
(21) [PV 10548-84]

(51) Int. Cl.⁴
B 60 L 3/10

(40) Zveřejněno 22 08 85

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(45) Vydáno 15 09 87

(75)

Autor vynálezu

POLÁČEK ANTONÍN ing.; PEROUTKA IVAN ing., PRAHA

(54) Zapojení elektronické ochrany proti skluzu a smyku trakčních vozidel

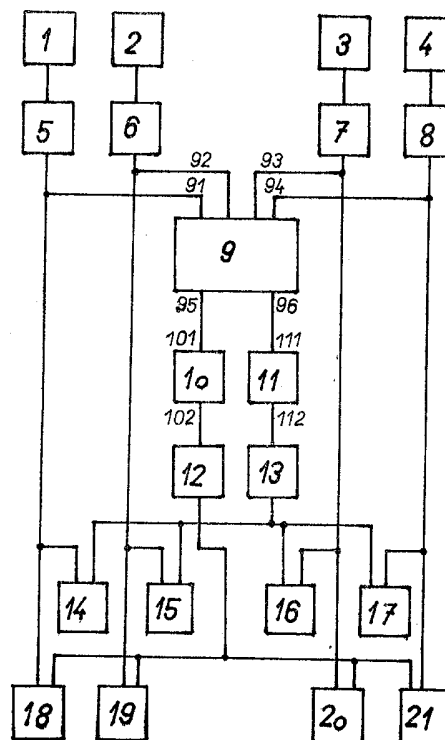
1

Zapojení je určeno pro kolejová vozidla železniční a městské hromadné dopravy, nejméně s dvěma hnacími nápravami.

Zapojení je vyznačeno tím, že výstup otáčkového čidla (1, 2) každé hnací nápravy je přes příslušný frekvenčně-analogový převodník (5, 6) spojen s jedním ze samostatných vstupů (91, 92) výběrového členu (9) rychlosti a současně s prvními vstupy odpovídající dvojice komparátorů (14, 18); (15, 19) jízdního a brzděného režimu téže nápravy, přičemž výstup (95) maxima výběrového členu (9) rychlosti je přes integrátor (10) brzdy a spínač (12) maxima rychlosti spojen s druhými vstupy všech komparátorů (18, 19) brzděného režimu, zatímco výstup (96) minima výběrového členu (9) rychlosti je přes integrátor (11) jízdy a spínač (13) minima rychlosti připojen ke druhým vstupům všech komparátorů (14, 15).

Další podstatou řešení je vytvoření vlastních obvodů integrátorů (10, 11) brzdy a jízdy lišící se od sebe pouze polaritou v nich zapojené blokové diody (37).

2



Obr. 1

Vynález se týká zapojení elektronické ochrany proti skluzu a smyku trakčních vozidel o minimálně dvou hnacích nápravách s porovnáním nejmenší a největší obvodové rychlosti kola.

U trakčních kolejových vozidel, jak v železniční, tak i v městské hromadné dopravě při snížení součinitele adheze kola s kolejnicí z důvodů znečištění kolejnice, vlivem vlhkosti či námrazy nebo nestejnoměrného rozložení zatížení na jednotlivá dvojkolí dochází ke smyku, tedy k prudkému zpoždění otáčení kola, až úhlová rychlost klesne na nulu. Kolo se pak pohybuje smykem, což vede k vytváření smykových ploch na valivém povrchu těchto kol a defektů na kolejnicích. Skluzu při jízdě brání plynulému rozjezdu vozidla, vedou k prodlužování jízdních časů a tím ke zvýšení energetických ztrát. Smyk zase ohrožuje zastavení vozidla v předepsané vzdálenosti a vyvolává nežádoucí přechodné děje v elektrických obvodech, které mohou způsobit i havárii některého elektrického zařízení.

Dosud známý princip elektrického zapojení protiskluzové ochrany hnacích kolových náprav je založen na porovnání elektrických proudů v trakčních motorech hnacích kolových náprav ve skluzu a v trakčních motorech hnacích kolových náprav bez skluzu. Nevýhodou tohoto zapojení je snížená citlivost při vyšších otáčkách trakčních motorů, takže k indikaci skluzu kolové hnací nápravy nemusí při vyšších rychlostech kolejového vozidla vůbec dojít.

Jedním z používaných příkladů zapojení, kde dvě sledované hnací nápravy jsou vybaveny impulsními zdroji otáček, jež jsou spojeny s hradlovými obvody. K těmto je přes zpožďovací obvody paralelně připojen společný paměťový obvod, jehož výstupy jsou přivedeny na hradlové obvody.

Dalším příkladem je ochranný obvod, pracující na principu rozdílu napětí na kotvách trakčních motorů.

Nedostatkem všech uvedených ochranných zapojení je relativně velká necitlivost, jež je způsobena značným rozptylem charakteristik trakčních motorů a nepřesným vyhodnocováním rychlosti v blízkosti nuly. Také nestabilita parametrů nákolů a snímačů napětí může zapříčinit, že i v případě otáčení všech dvojkolí bez smyku se výstupní napětí jednotlivých snímačů od sebe liší a snímače je nutno individuálně ladit, což v podmínkách běžného provozu je těžko uskutečnitelné. Z tohoto důvodu je snížena citlivost a rychlost činnosti systému protismykové a protiskluzové ochrany.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje zapojení elektronické ochrany proti skluzu a smyku trakčních vozidel s minimálně dvěma hnacími nápravami podle vynálezu. Jeho podstatou je, že výstup otáčkového čidla každé hnací nápravy je přes příslušný frekvenčně analogový převodník spojen s jedním ze samostatných vstupů výběrového čle-

nu rychlosti a současně s prvními vstupy odpovídající dvojice komparátorů jízdního a brzdového režimu téže nápravy. Výstup maxima výběrového členu rychlosti je přes integrátor brzdy a spínač maxima rychlosti spojen s druhými vstupy všech komparátorů brzdového režimu, zatímco výstup minima výběrového členu rychlosti je přes integrátor jízdy a spínač minima rychlosti připojen ke druhým vstupům všech komparátorů jízdního režimu.

Integrátor brzdy a integrátor jízdy je vytvořen tak, že jeho vstup je připojen přes druhý vstupní odpor k neinvertujícímu vstupu prvního operačního zesilovače, jehož invertující vstup je spojen přes první vstupní odpor se společnou nulou. Výstup prvního operačního zesilovače je přes sériovou kombinaci stabilizačního odporu a integračního odporu překlenutého blokovací diodou spojen s invertujícím vstupem druhého operačního zesilovače připojeného svým neinvertujícím vstupem přes třetí vstupní odpor ke společné nule. Výstup druhého operačního zesilovače, tvořící současně výstup integrátoru brzdy nebo integrátoru jízdy, je propojen jednak přes zpětnovazební regulační odpor s neinvertujícím vstupem prvního operačního zesilovače a jednak přes integrační kapacitní prvek s integrujícím vstupem druhého operačního zesilovače. Ke spojovacímu bodu stabilizačního odporu s integračním odporem je připojena katodou první Zennerova dioda, jejíž anoda je spojena s anodou druhé Zennerovy diody připojené svou katodou ke společné nule. V integrátoru brzdy je blokovací dioda připojena ke spojovacímu bodu stabilizačního odporu s integračním odporem svou katodou a v integrátoru jízdy svou anodou.

Zapojení elektronické ochrany umožňuje spínání komparátorů všech hnacích náprav jak jednotlivě, tak i skupinově, čímž umožňuje regulovat i případy synchronního skluzu nebo smyku. Použití integrátorů místo běžně užívaných derivačních členů při převodu otáček na analogovou hodnotu umožňuje vyhodnocovat i otáčky blízké nule. Použitím fotoelektrických otáčkových čidel se zvýší citlivost elektronické ochranné zapojení, což umožňuje přesné vyhodnocení obvodové rychlosti kola s krátkou časovou odezvou a přesné měření otáček až do nulové obvodové rychlosti.

Na připojených výkresech je uveden příklad zapojení elektronické ochrany proti skluzu a smyku trakčních vozidel, kde na obr. 1 je znázorněno zapojení elektronické ochrany proti skluzu a smyku trakčních vozidel pro čtyři hnací nápravy, na obr. 2 podrobné zapojení integrátoru brzdy. Na obr. 3a, b, c, jsou zobrazeny průběhy vstupních a výstupních napětí integrátorů brzdy a jízdy v závislosti na obvodové rychlosti hnací nápravy.

Výstup otáčkového čidla 1, 2, 3, 4 každé

ze čtyř hnacích náprav je přes příslušný frekvenčně-analogový převodník **5**, **6**, **7**, **8** spojen s jedním ze čtyř samostatných vstupů **91**, **92**, **93**, **94** výběrového členu **9** rychlosti a současně vždy s prvními vstupy odpovídající dvojice komparátorů **14—18**; **15—19**; **16—20**; **17—21** jízdního a brzdného režimu téže nápravy. Výstup **95** maxima výběrového členu **9** rychlosti je přes integrátor **10** brzdy a spínač **12** maxima rychlosti spojen s druhými vstupy všech komparátorů **18**, **19**, **20**, **21** brzdného režimu. Výstup **96** minima výběrového členu **9** rychlosti je přes integrátor **11** jízdy a spínač **13** minima rychlosti připojen ke druhým vstupům všech komparátorů **14**, **15**, **16**, **17** jízdního režimu.

Otáčková čidla **1**, **2**, **3**, **4** hnacích náprav mohou být různého typu, avšak nejvýhodnějšími se jeví čidla fotoelektrická, která mají velký počet impulsů na otáčku a umožňují přesné vyhodnocování obvodové rychlosti kola s krátkou časovou odezvou. Jejich výhodou je i přesné měření otáček v blízkosti nuly. Impulsní výstup otáčkového čidla **1**, **2**, **3**, **4** každé hnací nápravy převedený na analogovou hodnotu je samostatně zaveden do výběrového členu **9** rychlosti a zároveň do prvních vstupů dvojice komparátorů **14—18**; **15—19**; **16—20**; **17—21** jízdního a brzdného režimu příslušné hnací nápravy. Na výstupu **95** maxima výběrového členu **9** rychlosti je analogová hodnota nejmenší obvodové rychlosti kola první až čtvrté hnací nápravy, která vstupuje přes integrátor **11** jízdy do druhých vstupů všech komparátorů **14**, **15**, **16**, **17** jízdního režimu sepnutím spínače **14** minima rychlosti. Na výstupu **95** maxima výběrového členu **9** je hodnota nejvyšší obvodové rychlosti kola hnacích náprav, která vstupuje přes integrátor **10** brzdy do všech komparátorů **18**, **19**, **20**, **21** brzdného režimu při sepnutí spínače **12** maxima rychlosti.

Pro správnou funkci ochrany v okamžiku synchronního smyku je nutné mít derivaci obvodové rychlosti nákolků, která je přesným vyjádřením velikosti skluzu a smyku. Derivace je velmi choulostivá na zvlnění, kterému se nelze vyhnout při převodu otáček na analogovou hodnotu, obzvláště při kritických otáčkách v okolí nulové rychlosti. Další problém je v tom, že informace o derivaci trvá pouze po dobu změny rychlosti, to je po dobu zrychlení nebo zpomalení. Dojde-li například při brzdění k synchronnímu smyku, pak v okamžiku zablokování všech kol zmizí jakákoliv informace o smyku. Proto je v uvedeném zapojení nahrazen derivační člen zpětnovazebním jednosměrným integrátorem **10**, **11** brzdy nebo jízdy. Integrační konstanta RC vytvořená integračním odporem **38** a integračním kapacitním prvkem **40** je zvolena tak, aby integrátor **10**, **11** brzdy a jízdy stačil sledovat vstupní analogovou hodnotu rychlosti do mezní hodnoty, která je v případě

integrátoru **11** jízdy dána maximálním zrychlením vozidla, např. 2ms^{-2} . Výstup **112** integrátoru jízdy **11** sleduje bez zpoždění vstup **111** integrátoru až do nastavení integrační konstanty. Je-li zrychlení větší, znamená to, že došlo k prokluzu kola, nebo kol hnacích náprav a výstup **112** integrátoru **11** jízdy má zpoždění oproti svému vstupu **111**. Obdobně je tomu u sledování smyku pomocí integrátoru **10** brzdy, ve kterém je integrační konstanta RC nastavena na maximální zpomalení rychlosti, například 5ms^{-2} . Je-li zpomalení větší, znamená to, že došlo ke smyku.

Na prvním a druhém vstupu odpovídajícího komparátoru **14**, **15**, **16**, **17** jízdního režimu hnací nápravy, která se dostane do skluzu, vznikne rozdíl dvou hodnot, při kterém tento sepne. První hodnotou je analogová hodnota skutečné rychlosti hnací nápravy a druhou je výstupní hodnota integrátoru **11** jízdy. Dojde-li ke smyku alespoň jedné hnací nápravy, vznikne opět rozdíl dvou hodnot na příslušném komparátoru **18**, **19**, **20**, **21** brzdného režimu, který sepne. V případě synchronního smyku hnacích náprav, spínají všechny komparátory **18**, **19**, **20**, **21** brzdného režimu najednou a stejně tak při synchronním prokluzu kol komparátory **15**, **16**, **17**, **18** jízdního režimu. Jejich výstupními signály jsou pak řízeny nezakreslené obvody, které zajišťují odstranění nežádoucích jevů v pohonu vozidla.

Rozdíl, při kterém komparátor **14**, **15**, **16**, **17** a **18**, **19**, **20**, **21** jízdního a brzdného režimu spíná, lze libovolně nastavit a také lze libovolně nastavit jeho lineární závislost na rychlosti vozidla. Z důvodu zabezpečení funkce ochrany je v režimu jízdy sepnut spínač **12** minima rychlosti, čímž jsou připojeny k výběrovému členu **9** integrátor **11** jízdy a všechny komparátory **14**, **15**, **16**, **17** jízdního režimu první až čtvrté hnací nápravy, kdežto integrátor **10** brzdy je odpojen a navíc je blokována činnost všech komparátorů **18**, **19**, **20**, **21** brzdného režimu všech čtyř hnacích náprav. V režimu brzdy je spojen integrátor **10** brzdy s odpovídajícími komparátory **18**, **19**, **20**, **21** brzdného režimu pomocí spínače **12** maxima rychlosti, přičemž integrátor **11** jízdy je odpojen a zároveň je blokována činnost všech komparátorů **14**, **15**, **16**, **17** jízdního režimu.

Integrátor **10** brzdy dle obr. 2 je vytvořen tak, že k jeho vstupní sorce, respektive ke vstupu **101**, je přes druhý vstupní odpor **31** připojen neinvertující vstup prvního operačního zesilovače **32**, jehož invertující vstup je spojen přes první vstupní odpor **30** se společnou nulou. Výstup prvního operačního zesilovače **32** je přes sériovou kombinaci stabilizačního odporu **33** a integračního odporu **38** překlenutého blokovací diodou **37** spojen s invertujícím vstupem druhého operačního zesilovače **41** připojeného svým neinvertujícím vstupem přes

třetí vstupní odpor 39 ke společné nule. Výstup druhého operačního zesilovače 41 tvořící současně výstupní svorku či výstup 102 integrátoru 10 brzdy je propojen jednak přes zpětnovazební regulační odpor 34 s neinvertujícím vstupem prvního operačního zesilovače 32 a jednak přes integrační kapacitní prvek 40 s invertujícím vstupem druhého operačního zesilovače 41. Ke spojovacímu bodu 42 stabilizačního odporu 33 s integračním odporem 38 je připojena katodou první Zennerova dioda 35, jejíž anoda je spojena s anodou druhé Zennerovy diody 26 připojené svou katodou ke společné nule. Ke spojovacímu bodu 42 je blokovací dioda 37 připojena katodou.

Integrátor 11 jízdy má obdobné zapojení, lišící se pouze označením svého vstupu 111 a výstupu 112 a zejména tím, že ke spojovacímu bodu 42 je blokovací dioda 37 připojena anodou.

V obou případech se jedná o zpětnovazební jednosměrné integrátory, jelikož prvním stupněm je komparátor, který porovnává záporné vstupní napětí U_1 přiváděné v prvním případě ze vstupu 101 integrátoru brzdy přes druhý vstupní odpor 31 na neinvertující vstup prvního operačního zesilovače 32 s kladným výstupním napětím U_2 integrátoru 10 brzdy, respektive z výstupu druhého operačního zesilovače 41 přes zpětnovazební regulační odpor 34, přivedeným na stejný vstup tohoto prvního operačního zesilovače 32. Ke stabilizaci jeho výstupního napětí jsou k jeho výstupu připojeny obě Zennerovy diody 35, 36 a stabilizační odpor 33. Toto výstupní napětí je současně vstupním napětím integračního členu s integrační konstantou RC. Vznáš-li vstupní napětí U_1 integrátoru 10 brzdy, objeví se na jeho výstupu 102 kladné napětí bez zpoždění, podle vztahu

$$U = -U \frac{R_{34}}{R_{31}}$$

kde

R_{34} — hodnota zpětnovazební regulační odporu 34,

R_{31} — druhý vstupní odpor 31.

V případě skokové změny vstupního napětí U_1 integrátoru 10 brzdy z nuly na jmenovitou hodnotu, tj. při ukončení smyku obr. 3a, bude odezva jeho výstupního napětí U_2 okamžitá, dle obr. 3c. Při skokovém poklesu vstupního napětí U_1 na nulu, to jest ve smyku, vrací se výstupní napětí U_2 do nulové hodnoty, obr. 3c, ale se zpožděním daným integrační konstantou RC. Obdobou funkce integrátoru 10 brzdy je činnost integrátoru 11 jízdy, lišící se opačnou odezvou jeho výstupního napětí U_2 , dle obr. 3b. Znamená to, že při skokovém nárůstu jeho vstupního napětí U_1 , tj. při rozjezdu, kdy dochází ke skluzu, výstupní napětí U_2 narůstá se zpožděním daným integrační konstantou RC a při poklesu vstupního napětí U_1 na nulu, tj. při ukončení skluzu, sleduje výstupní napětí U_2 vstupní napětí U_1 bez zpoždění. V obou zapojeních integrátorů 10, 11 brzdy a jízdy lze libovolně zvolit integrační konstantu RC dle provozních podmínek brzděného a jízdného režimu. Znamená to, že oba zpětnovazební jednosměrné integrátory 10, 11 s přenosem podle obr. 3b a 3c mají činitel A zesílení podle vztahu

$$A = \frac{R_{34}}{R_{31}}$$

Zapojení elektronické ochrany proti skluzu a smyku trakčních vozidel je možno využít v železniční a městské hromadné dopravě u kolejových vozidel závislé trakce.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení elektronické ochrany proti skluzu a smyku trakčních vozidel s minimálně dvěma hnacími nápravami, vyznačené tím, že výstup otáčkového čidla (1, 2) každé hnací nápravy je přes příslušný frekvenčně-analogový převodník (5, 6) spojen s jedním ze samostatných vstupů (91, 92) výběrového členu (9) rychlosti a současně s prvními vstupy odpovídající dvojice komparátorů (14, 18); (15, 19) jízdního a brzděného režimu téže nápravy, přičemž výstup (95) maxima výběrového členu (9) rychlosti je přes integrátor (10) brzdy a spínač (12) maxima rychlosti spojen s druhými vstupy všech komparátorů (18, 19) brzděného režimu, zatímco výstup (96) minima výběrového členu (9) rychlosti je přes integrátor (11) jízdy a spínač (13) minima rychlosti připojen ke druhým vstu-

pům všech komparátorů (14, 15) jízdního režimu.

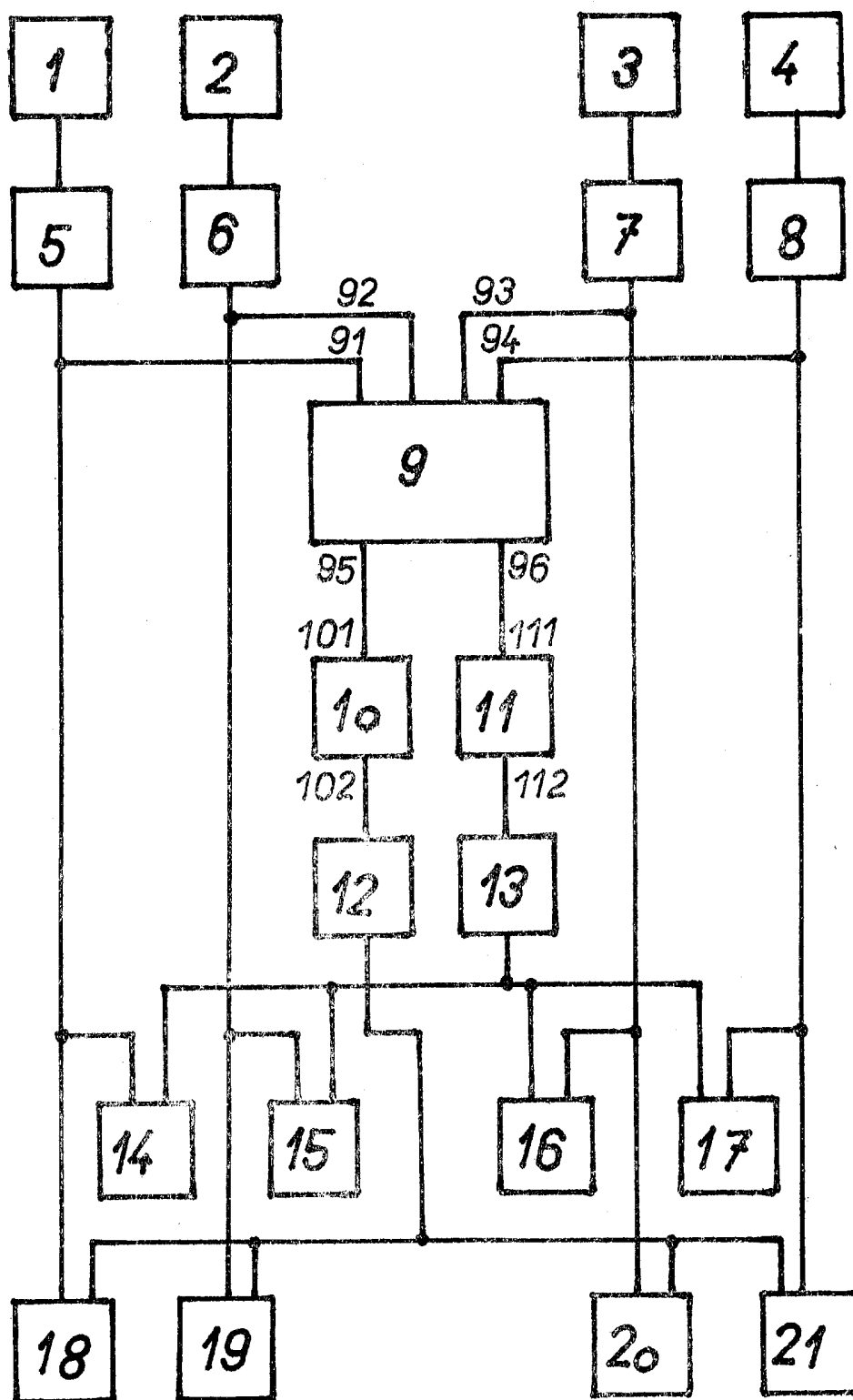
2. Zapojení elektronické ochrany podle bodu 1, vyznačené tím, že vstup (101, 111) integrátoru (10) brzdy a integrátoru (11) jízdy je připojen přes druhý vstupní odpor (31) k neinvertujícímu vstupu prvního operačního zesilovače (32), jehož invertující vstup je spojen přes první vstupní odpor (30) se společnou nulou a jeho výstup je přes sériovou kombinaci stabilizačního odporu (33) a integračního odporu (38) překlenutého blokovací diodou (37) spojen s invertujícím vstupem druhého operačního zesilovače (41) připojeného svým neinvertujícím vstupem přes třetí vstupní odpor (29) ke společné nule a výstup druhého operačního zesilovače (41), tvořící současně

výstup (102, 112) integrátoru (10) brzdy a integrátoru (11) jízdy, je propojen jednak přes zpětnovazební regulační odpor (34) s neinvertujícím vstupem prvního operačního zesilovače (32) a jednak přes integrační kapacitní prvek (40) s invertujícím vstupem druhého operačního zesilovače (41), přičemž ke spojovacímu bodu (42) stabilizačního odporu (33) s integračním odpo-

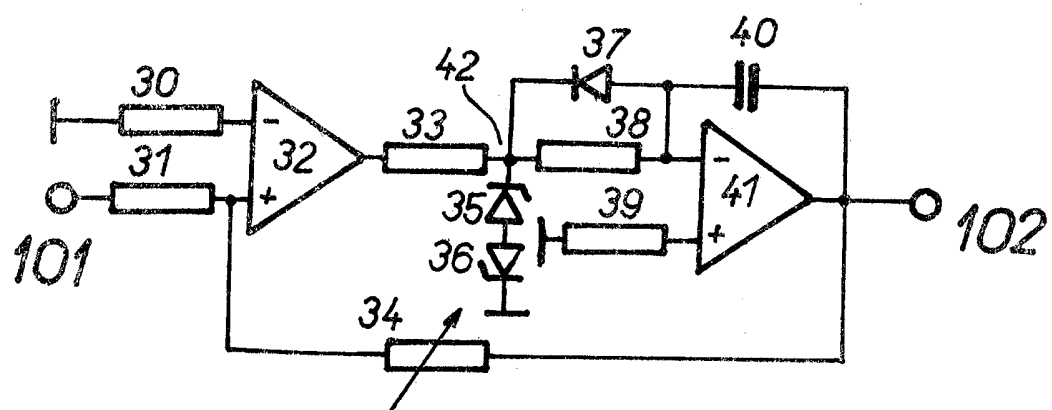
rem (38) je připojena katodou první Zennerova dioda (35), jejíž anoda je spojena s anodou druhé Zennerovy diody (36) připojené svou katodou ke společné nule.

3. Zapojení elektronické ochrany podle bodu 2, vyznačené tím, že v integrátoru (10) brzdy je blokovací dioda (37) ke spojovacímu bodu (42) připojena katodou a v integrátoru (11) jízdy svou anodou.

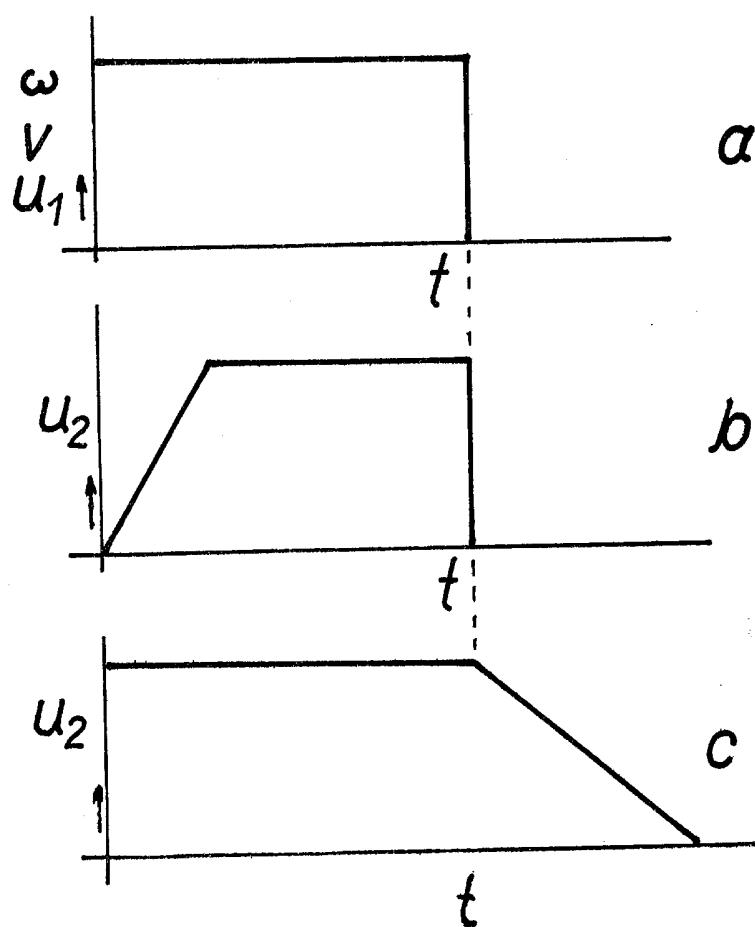
3 listv výkresů



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3