



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(21) FV 4045-88.G
(22) Přihlášeno 10 06 88

(40) Zveřejněno 12 09 89
(45) Vydáno 16 01 91

269 298

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴
G 05 B 13/04

(75)

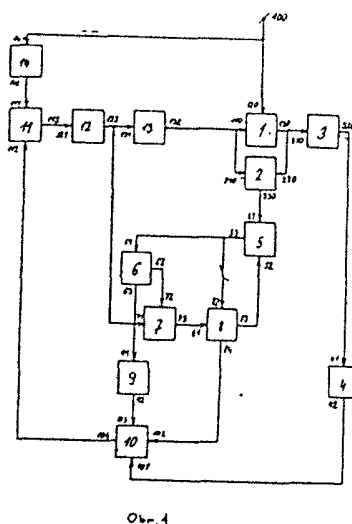
Autor vynálezu

ŠTECHA JAN doc. ing. CSc.,
HAVLENA VLADIMÍR ing.,
NEUMAN PETR ing. CSc., PRAHA

(54)

Zapojení regulačního obvodu se stavovým
pozorovatelem regulovaného systému s
přepínáním vstupu, stavovým reguláto-
rem, sledovací integrační a dopřednou
vazbou, pozorovatelem a regulátorem ne-
měřitelné poruchy

(57) Regulační obvod je využitelný např.
v regulačních systémech tepelně-technických procesů parních kotlů a energetických bloků o výkonu až 500 MW pro regulaci vybraných veličin, zejména však v regulačním obvodu teploty přehřáté páry. Dosažení zvýšené kvality regulace je umožněno využitím optimální struktury zapojení regulačního obvodu vzhledem k odhadu stavů systému. Výstup regulovaného systému, na který působí neměřitelná porucha, je připojen přes součtový blok chyby odhadu stavu na bloky pozorovatele poruchy a stavového pozorovatele, jejichž výstupy jsou zapojeny na druhý a třetí vstup součtového bloku akčního zásahu. Na první vstup tohoto bloku je přes integrační vazbu připojena regulační odchylka z výstupu součtového bloku žádané hodnoty. Akční zásah na výstupu součtového bloku akčního zásahu je zapojen na součtový blok společně s hodnotou žádané veličiny z externího generátoru zesílenou v sledovací dopředné vazbě. Výstup součtového bloku je připojen na vstup servosmyčky, jejíž výstup s realizovaným akčním zásahem je přiveden na vstup regulovaného systému.



Obr. 1

Vynález se týká zapojení regulačního obvodu se stavovým pozorovatelem regulovaného systému s přepínáním vstupu, stavovým regulátorem, sledovací integrační a dopřednou vazbou, pozorovatelem a regulátorem neměřitelné poruchy, které řeší problém regulace technologického procesu s nepříznivými dynamickými vlastnostmi, zejména v energetice, kdy neměřitelná porucha má rychlejší dynamiku, než akční veličina.

Známy a používané regulační obvody se stavovým pozorovatelem regulovaného systému a stavovým regulátorem pracuje na přírůstcích hodnot tzn. na nulových ustálených hodnotách a jeho nevýhodou je, že má vlastnosti odpovídající PD regulátoru. To znamená, že při skokové poruše zůstává trvalá regulační odchylka v ustáleném stavu. Tuto "základní" strukturu stavového regulátoru s pozorovatelem je tedy pro praktickou aplikaci nutné heuristicky doplnit přidáním jedné nebo více integračních vazeb k odstranění trvalé regulační odchylky. Zavedením takových integračních vazeb se však změní poloha pólů pozorovatele v uzavřené regulační smyčce tak, že jejich poloha není známa. Uživatel regulátoru nemá možnost polohu pólů ovlivňovat podle požadavků a tedy ani dosáhnout optimálního nastavení stavového regulátoru s pozorovatelem. Tato "základní" struktura kompenzuje částečně skokové poruchy a nekompenzuje lineárně narůstající a zejména harmonické poruchy. Parametry regulátoru a pozorovatele jsou nastavovány experimentálně metodou "zkouška - omyl" tak, aby systém dosáhl rychlé dynamické odezvy, ale nedostal se do oscilací. Tímto způsobem lze získat pouze suboptimální řešení.

Tuto nevýhodu podstatně zmírňuje zapojení regulačního obvodu se stavovým pozorovatelem regulovaného systému s přepínáním vstupu, stavovým regulátorem, sledovací integrační a dopřednou vazbou, pozorovatelem a regulátorem neměřitelné poruchy podle vynálezu.

Podstata spočívá v tom, že výstup servosmyčky, tzn. realizovaný akční zásah, je přiveden na vstup regulovaného systému jehož výstup je připojen na první vstup součtového bloku žádané hodnoty a na jehož druhý vstup je přivedena žádaná hodnota regulované veličiny. Výstup tohoto součtového bloku je připojen na vstup integračního bloku sledovací integrační vazby, která odstraňuje trvalou regulační odchylku v ustáleném stavu. Vstup i výstup součtového bloku žádané hodnoty jsou připojeny na vstupy přepínacího bloku. Přepnutím tohoto přepínacího bloku je dosaženo toho, že blok stavového pozorovatele pracuje buď na přírůstcích hodnot stavových veličin, nebo na jejich absolutních hodnotách. Stavový pozorovatel pracuje na přírůstcích v tom případě, jestliže přepínací blok je v takové poloze, že na jeho výstupu je výstup součtového bloku žádané hodnoty, tzn. regulační odchylka. Je-li přepínací blok ve druhé poloze, je na jeho výstupu výstup regulovaného systému, tzn. hodnota regulované veličiny, a stavový pozorovatel pracuje na absolutních hodnotách stavových veličin. Výstup přepínacího bloku je připojen na první vstup součtového bloku chyby odhadu stavu, na jehož druhý vstup je připojen první výstup bloku stavového pozorovatele. Výstup součtového bloku chyby odhadu stavu je připojen na druhý vstup bloku stavového pozorovatele a současně na vstup bloku pozorovatele poruchy z kterého vystupuje odhad neměřitelné poruchové veličiny nebo kombinace jejích vnitřních stavů kompenzující fázové zpoždění servosmyčky. První výstup bloku pozorovatele poruchy s odhadem neměřitelné poruchové veličiny je připojen na druhý vstup součtového bloku odhadu poruchy a druhý výstup bloku pozorovatele poruchy je připojen na vstup zesilovacího bloku regulátoru poruchy. Výstup servosmyčky je připojen na první vstup součtového bloku odhadu poruchy, jehož výstup je připojen na první vstup bloku stavového pozorovatele jehož druhý výstup je připojen na druhý vstup součtového bloku akčního zásahu na jehož třetí vstup je připojen výstup zesilovacího bloku regulátoru poruchy. Výstup integračního bloku sledovací integrační vazby je připojen na vstup zesilovacího bloku sledovací integrační vazby jehož výstup je připojen na první vstup součtového bloku akčního zásahu jehož výstup je připojen na druhý vstup součtového bloku na jehož první vstup je připojen výstup zesilovacího bloku sledovací dopředné vazby, která zabezpečuje sledování konstantní nenulové hodnoty regulované ve-

ličiny. Zesilovacím blokem se zesílením α upravujeme celkové zesílení mezi žádanou hodnotou w a regulovanou veličinou y . Na vstup zesilovacího bloku sledovací dopředné vazby je připojena žádaná hodnota regulované veličiny. Výstup součtového bloku je připojen na vstup servosmyčky.

Výhodou zapojení regulačního obvodu se stavovým pozorovatelem a přepínáním vstupu, sledovací integrační a dopřednou vazbou, pozorovatelem a regulátorem neměřitelné poruchy podle vynálezu je, že základní struktura je určena z úlohy o sledování a kompenzaci předem známé poruchy konstantního, lineárně vzrůstajícího nebo harmonického charakteru. K odhadu stavu je použit identický stavový pozorovatel, který je doplněn pozorovatelem neměřitelné poruchy s předem známým charakterem průběhu. Sledování konstantní nenulové řídicí veličiny je provedeno integrační vazbou regulátoru odchylky a dopřednou vazbou upravující zesílení systému mezi vstupním a výstupním signálem. Pozorovatel neměřitelné poruchy je navíc doplněn regulátorem této poruchy. Toto zapojení regulačního obvodu umožňuje automatický výpočet všech regulačních parametrů na základě nejobecnější metody, tj. metody přiřazení pólů, na kterou se dají ostatní známé metody (kvadratické kritérium a podobně) převést. Zapojení regulačního obvodu včetně sledovacích vazeb a pozorovatele poruchy odpovídá teoreticky optimální struktuře a zabezpečuje zvýšenou kvalitu regulace. Uvažujeme-li, že kritérium kvadrátu odchylek regulované a akční veličiny dosahuje pro toto zapojení 100 % kvality regulace, potom uvedená "základní" struktura bez sledovacích vazeb a bez pozorovatele poruchy dosahuje v závislosti na dalších podmínkách asi 60 až 80 % kvality regulace. Stavový pozorovatel používá ke své činnosti pouze měřitelné veličiny, a to přímo vstup a přímo nebo nepřímo výstup regulovaného systému měřený za součtovým blokem žádané hodnoty. K odstranění regulační odchylky při konstantní nenulové žádané hodnotě je použit integrační člen ve sledovací integrační vazbě v kombinaci se sledovací dopřednou vazbou umožňující nastavit požadované jednotkové zesílení mezi žádanou hodnotou regulované veličiny a výstupem regulovaného systému. Stav integrátoru odchylky ve sledovací integrační vazbě není odhadován pozorovatelem, protože je přímo měřitelný. Stavovou zpětnou vazbou od integrátoru jsou ovlivněny dynamické vlastnosti celého regulačního obvodu. Kombinací integračního členu odchylky a dopředné vazby zvýšíme řád regulačního obvodu tak, že tento obvod je schopen sledovat lineárně rostoucí žádanou hodnotu regulované veličiny s nulovou ustálenou chybou.

Výhodou zapojení bloku stavového pozorovatele regulovaného systému podle vynálezu dále je, že pozorovatelem stavu odhadujeme stavy systému se zvolenou dynamikou danou hodnotami zesílení zesilovacích bloků pozorovatele a stavových zpětných vazeb. Stavovou zpětnou vazbu od odhadovaných stavů pozorovatele a také integrátoru odchylky jsou zajištěny zvolené dynamické vlastnosti celého regulačního obvodu. Pro regulovaný systém s kaskádní strukturou jsou dynamické vlastnosti regulačního obvodu vylepšeny zařazením zesilovacího bloku polynomu čitatele přenosu daného regulovaného systému, který umožňuje vhodnou volbou hodnot zesílení zahrnout do systému vlastnosti dynamického akčního členu.

Další výhodou zapojení bloku pozorovatele poruchy podle vynálezu je, že umožňuje kompenzovat poruchovou veličinu známého průběhu tím, že k pozorovateli stavu je připojen pozorovatel poruchy. Protože regulovaný systém s pozorovatelem stavu a s pozorovatelem poruchy je pozorovatelný, je možno tímto rozšířeným pozorovatelem odhadovat nejen stavy systému, ale i stavy generátoru poruchy a tedy odhadovat i neměřitelnou poruchovou veličinu. Odhadovaná poruchová veličina je použita ke kompenzaci neměřitelné poruchy také se zvolenou dynamikou. Tímto způsobem lze kompenzovat lineárně narůstající nebo harmonické poruchy. Výhodou je to, že tato kompenzace je málo citlivá na odhad frekvence harmonické poruchy ω dané zesílením ω^2 zesilovacího bloku frekvence poruchy. Použitím zesilovacího bloku spektra poruchy se zesílením $2a\omega$ kompenzujeme celé spektrum harmonických poruch. Rozsah kompenzovaného spektra v okolí frekvence ω je dán hodnotou koeficientu zesílení a . Kombinací výstupu integračního bloku skokové poruchy je získán v součtovém bloku regulátoru výstup s takovým fázově posunutým odhadem neměřitelné poruchové veličiny, který přesně kompenzuje fázové zpoždění použité servosmyčky.

Na připojených výkresech je znázorněno zapojení regulačního obvodu podle vynálezu, kde na obr. 1 je znázorněno zapojení regulačního obvodu se stavovým pozorovatelem regulovaného systému s přepínáním vstupu, stavovým regulátorem, sledovací integrační a dopřednou vazbou, pozorovatelem a regulátorem neměřitelné poruchy, na obr. 2 je znázorněno zapojení stavového pozorovatele a na obr. 3 je zapojení pozorovatele poruchy.

Regulační obvod se stavovým pozorovatelem regulovaného systému s přepínáním vstupu, stavovým regulátorem, sledovací integrační a dopřednou vazbou, pozorovatelem a regulátorem neměřitelné poruchy podle obr. 1 má výstup 122 servosmyčky 12 připojen na vstup 131 regulovaného systému 11 jehož výstup 132 je připojen na první vstup 110 součtového bloku 1 žádané hodnoty. Tento blok je opatřen druhým vstupem 120 pro připojení žádané hodnoty regulované veličiny ze vstupu 100 připojeného na externí generátor žádané hodnoty. Výstup 130 součtového bloku 1 žádané hodnoty je připojen na vstup 110 integračního bloku 3 a zároveň je připojen na druhý vstup 220 přepínacího bloku 2 na jehož druhý vstup 210 je připojen výstup 132 regulovaného systému 11. Přepínáním tohoto přepínacího bloku 2 je na jeho výstupu 230 buď výstup součtového bloku žádané hodnoty, nebo výstup regulovaného systému. Výstup 230 přepínacího bloku 2 je připojen na první vstup 51 součtového bloku 5 chyby odhadu stavu na jehož druhý vstup 52 je připojen první výstup 81 bloku 8 stavového pozorovatele, který je uveden v bodě 2 vynálezu. Výstup 53 součtového bloku 5 chyby odhadu stavu je připojen na druhý vstup 82 bloku 8 stavového pozorovatele podle bodu 3 vynálezu a na vstup 61 bloku 6 pozorovatele poruchy jehož první výstup 62 je připojen na druhý vstup 72 součtového bloku 7 odhadu poruchy a druhý výstup 63 je připojen na vstup 91 zesilovacího bloku 9 regulátoru poruchy. Výstup 122 servosmyčky 12 je připojen na první vstup 71 součtového bloku 7 odhadu poruchy jehož výstup 73 je připojen na první vstup 81 bloku 8 stavového pozorovatele jehož druhý vstup 84 je připojen na druhý vstup 102 součtového bloku 10 akčního zásahu na jehož třetí vstup 103 je připojen výstup 92 zesilovacího bloku 9 regulátoru poruchy. Výstup 120 integračního bloku 3 je připojen na vstup 41 zesilovacího bloku 4 sledovací integrační vazby jehož výstup 42 je připojen na první vstup 101 součtového bloku 10 akčního zásahu jehož výstup 104 je připojen na druhý vstup 112 součtového bloku 11 na jehož první vstup 111 je připojen výstup 142 zesilovacího bloku 14 sledovací dopředné vazby opatřeného vstupem 141 pro připojení žádané hodnoty regulované veličiny ze vstupu 100 připojeného na externí generátor žádané hodnoty. Výstup 113 součtového bloku 11 je připojen na vstup 121 servosmyčky 12.

Servosmyčka 12 udržuje s pomocí vnitřní zpětné vazby na svém výstupu hodnotu akční veličiny, která dynamicky sleduje vypočtenou hodnotu akční veličiny přivedenou na vstup servosmyčky 12. Realizovaná akční veličina je přivedena na vstup regulované soustavy 11. V součtovém bloku 1 žádané hodnoty je vypočtena regulační odchylka jako rozdíl žádané hodnoty w a regulované veličiny y podle vztahu $e = w - y$. Tato odchylka je připojena na integrační blok 3 a zesilovací blok 4 sledovací integrační vazby, která vyregulovává trvalou regulační odchylku v ustáleném stavu a je zapojena na součtový blok 10 akčního zásahu. Vstupy dvoustavového přepínacího bloku 2 jsou připojeny na vstup a výstup součtového bloku 1 žádané hodnoty. Přepínáním tohoto přepínacího bloku 2 je na jeho výstupu buď regulační odchylka, nebo absolutní hodnota regulované veličiny y . Výstup je připojen na součtový blok 5 chyby odhadu stavu, ve kterém je vypočtena tato chyba jako rozdíl mezi naměřenou hodnotou e nebo y a odhadovanou odchylkou $\hat{\Delta y}$ nebo absolutní hodnotou $\hat{y}$ regulované veličiny. Chyba odhadu je přivedena na vstup bloku 6 pozorovatele poruchy a na vstup bloku 8 stavového pozorovatele, ve kterém je určována odhadovaná hodnota $\hat{\Delta y}$ nebo $\hat{y}$. V bloku 6 pozorovatele poruchy je vypočítán odhad neměřitelné poruchy $\hat{v}(t)$ a kombinace tohoto odhadu a jeho vnitřních stavů taková, že je získán odhad neměřitelné poruchy $\hat{v}(t + t_p)$ s takovým fázovým posunutím, které přesně kompenzuje dynamické zpoždění servosmyčky 12. Kompenzace je provedena zavedením odhadu $\hat{v}(t + t_p)$ do smyčky uzavřené přes zesilovací blok 9 regulátoru poruchy, součtový blok 10 akčního zásahu a součtový blok 11. Odhad $\hat{v}(t)$ je přiveden současně s výstupem

servosmyčky 12 do součtového bloku 7 odhadu poruchy jehož výstup je přiveden do bloku 8 stavového pozorovatele. Druhý výstup tohoto bloku 8 představuje stavovou zpětnou vazbu regulátoru, která je připojena na druhý vstup součtového bloku 10 akčního zásahu. Žádaná hodnota je použita také ve sledovací dopředné vazbě uzavřené přes zesilovací blok 14 na součtový blok 11, která zabezpečuje sledování konstantní nenulové hodnoty regulované veličiny. Výstup součtového bloku 11 je přiveden na vstup servosmyčky 12. Akční veličina na výstupu servosmyčky 12 je tedy tvořena váženým součtem signálů od pozorovatelem odhadovaných stavů systému od stavu integrátoru odchylky ve sledovací integrační vazbě, od žádané hodnoty ze sledovací dopředné vazby a od pozorovatele poruchy odhadujícího stav neměřitelné poruchové veličiny. Váhové koeficienty jsou nastavovány podle požadovaných dynamických vlastností regulačního obvodu metodou volby požadovaných pólů regulačního obvodu.

Stavový pozorovatel podle obr. 2 má první vstup 81 bloku 8 stavového pozorovatele propojen s prvním vstupem 161 prvního součtového bloku 16₁ stavových zpětných vazeb jehož druhý vstup 162 je připojen na výstup 152 prvního zesilovacího bloku 15₁ pozorovatele jehož vstup 151 je spojen s druhým vstupem 82 bloku 8. Výstup 163 prvního součtového bloku 16₁ stavových zpětných vazeb je připojen na vstup 171 prvního setrvačného členu prvního řádu 17₁ jehož výstup 172 je připojen na první vstup 161 druhého součtového bloku 16₂ stavových zpětných vazeb jehož druhý vstup 162 je připojen na výstup 152 druhého zesilovacího bloku 15₂ pozorovatele jehož vstup 151 je spojen s druhým vstupem 82 bloku 8. Na třetí vstup 164 druhého součtového bloku 16₂ stavových zpětných vazeb je připojen výstup 202 zesilovacího bloku 20 polynomu čitatele jehož vstup 201 je spojen s prvním vstupem 81 bloku 8. Výstup 163 druhého součtového bloku 16₂ stavových zpětných vazeb je připojen na vstup 171 druhého setrvačného členu prvního řádu 17₂ jehož výstup 172 je připojen na první vstup 161 dalšího postupně až n -tého součtového bloku 16_n stavových zpětných vazeb jehož druhý vstup 162 je připojen na výstup 152 n -tého zesilovacího bloku 15_n pozorovatele jehož vstup 151 je spojen s druhým vstupem 82 bloku 8. Výstup 163 n -tého součtového bloku 16_n stavových zpětných vazeb je spojen s prvním výstupem 83 bloku 8 a zároveň je připojen na první vstup 181 n -tého zesilovacího bloku 18_n stavových zpětných vazeb jehož výstup 182 je připojen na druhý vstup 192 $n-1$ součtového bloku stavových zpětných vazeb a postupně druhého součtového bloku 19₂ stavových zpětných vazeb na jehož první vstup 191 je připojen výstup 182 druhého zesilovacího bloku 18₂ stavových zpětných vazeb jehož vstup 181 je připojen na výstup 172 druhého setrvačného členu prvního řádu 17₂. Výstup 193 druhého součtového bloku 19₂ stavových zpětných vazeb je připojen na druhý vstup 192 prvního součtového bloku 19₁ stavových zpětných vazeb jehož první vstup 191 je připojen na výstup 182 prvního zesilovacího bloku 18₁ stavových zpětných vazeb jehož vstup 181 je připojen na výstup 172 setrvačného členu prvního řádu 17₁. Výstup 193 prvního součtového bloku 19₁ stavových zpětných vazeb je spojen s druhým výstupem 84 bloku 8 stavového pozorovatele. Volba řádu n stavového pozorovatele závisí na dynamických vlastnostech regulované soustavy a struktura je v závislosti na řádu n sestavena z n počtu zesilovacích bloků 15_n pozorovatele, součtových bloků 16_n stavových zpětných vazeb, setrvačných členů prvního řádu 17_n, zesilovacích bloků 18_n a součtových bloků 19_{n-1} stavových zpětných vazeb.

Stavový pozorovatel je tvořen modelem systému daným sériovým zapojením setrvačných členů prvního řádu 17. První setrvačný člen prvního řádu 17₁ sériového kaskádního zapojení má paralelně zapojen zesilovací blok 20 polynomu čitatele přenosu regulovaného systému, který urychluje dynamiku, a tím modeluje dynamický akční orgán. Výstupy setrvačných členů prvního řádu 17 jsou odhadované stavové veličiny systému. K zajištění konvergence stavů pozorovatele k neměřitelným stavům systému je v pozorovateli zavedena zpětná vazba od odchylky mezi výstupem regulovaného systému a výstupem pozorovatele. Signál od této odchylky pozorování je přes vhodná zesílení zesilovacích

bloků 15 pozorovatele a přes součtové bloku 16 stavových zpětných vazeb přivádí na vstupy jednotlivých setrvačných členů prvního řádu 17. Stavový regulátor vytváří akční veličinu jako vážený součet signálů od stavů pozorovatele přes vhodná zesílení zesilovacích bloků 18 stavových zpětných vazeb na součtových blocích 19 stavových zpětných vazeb.

Pozorovatel poruchy podle obr. 3 má vstup 61 bloku 6 pozorovatele poruchy spojen se vstupy 211, 221 a 231 zesilovacích bloků 21, 22 a 23. Výstup 232 zesilovacího bloku 23 lineárně narůstající poruchy je připojen na vstup 241 integračního bloku 24 lineárně narůstající poruchy, jehož výstup 242 je připojen na druhý vstup 252 součtového bloku 25 harmonické poruchy jehož první vstup 251 je připojen na výstup 222 zesilovacího bloku 22 harmonické poruchy. Třetí vstup 253 součtového bloku 25 harmonické poruchy je připojen na výstup 302 zesilovacího bloku 30 frekvence poruchy a čtvrtý vstup 254 je připojen na výstup 292 zesilovacího bloku 29 spektra poruchy. Výstup 255 součtového bloku 25 harmonické poruchy je připojen na vstup 261 integračního bloku 26 harmonické poruchy jehož výstup 262 je připojen na první vstup 271 součtového bloku 27 skokové poruchy a na vstup 291 zesilovacího bloku 29 spektra poruchy a na vstup 311 zesilovacího bloku 31 stavu poruchy. Druhý vstup 272 součtového bloku 27 skokové poruchy je připojen na výstup 212 zesilovacího bloku 21 skokové poruchy a výstup 273 součtového bloku 27 skokové poruchy je připojen na vstup 281 integračního bloku 28 skokové poruchy jehož výstup 282 je spojen s prvním výstupem 62 bloku 6 a zároveň je připojen na vstup 301 zesilovacího bloku 30 frekvence poruchy a také na vstup 321 zesilovacího bloku 32 odhadu poruchy jehož výstup 322 je připojen na druhý vstup 332 součtového bloku 33 regulátoru poruchy jehož první vstup 331 je připojen na výstup 312 zesilovacího bloku 31 stavu poruchy. Výstup 333 součtového bloku 33 regulátoru poruchy je spojen s druhým výstupem 63 bloku 6 pozorovatele poruchy.

Pozorovatel poruchy je tvořen modelem generátoru harmonické poruchy daným zapojením integračních bloků 26 a 28, zesilovacích bloků 21 a 22, součtových bloků 25 a 27 a zesilovacím blokem 30 frekvence poruchy ve zpětné smyčce. Volbou nulových zesílení v integračním bloku 26 harmonické poruchy, zesilovacího bloku 22 harmonické poruchy a zesilovacího bloku 30 frekvence poruchy degradujeme model generátoru harmonické poruchy na model generátoru skokové poruchy. Doplněním modelu generátoru harmonické poruchy o integrační blok 24 a zesilovací blok 23 lineárně narůstající poruchy získáme sériový model generátoru lineárně rostoucí poruchové veličiny. Konvergence stavů modelu k neměřitelné poruše je zajištěna opět zavedením zpětné vazby od odchylky mezi výstupem regulovaného systému a výstupem pozorovatele stavů systému. Signál od této odchylky pozorování je přes vhodná zesílení zesilovacích bloků 21, 22, 23 a přes součtové bloky 25 a 27 zaveden na vstupy integračních bloků 24, 26 a 28 v modelu generátoru poruchy. Výstupem pozorovatele poruchy je odhad neměřitelné poruchy $\hat{v}(t)$, který je zaveden do pozorovatele stavu regulovaného systému s cílem kompenzovat tuto poruchu. Tímto způsobem lze kompenzovat konstantní, lineárně narůstající nebo harmonickou poruchu o frekvenci ω , která je dána zesílením zesilovacího bloku 30 frekvence poruchy zapojeného v uzavřené smyčce s integračními bloky 26 a 28. Vzhledem k možnosti kompenzovat poruchy nejen s konstantní frekvencí ω , ale celé spektrum poruch ve zvoleném frekvenčním rozsahu je zapojen zesilovací blok 29 spektra poruchy ve smyčce s integračním blokem 26 harmonické poruchy.

Zesílení bloku 29 je $z = 2a\omega$, kde hodnotou koeficientu a je volen rozsah kompenzovaného spektra poruch. Vážený součet odhadu neměřitelné poruchy $\hat{v}(t)$ a vnitřního stavu odhadu neměřitelné poruchy, který je získán zavedením těchto veličin do zesilovacích bloků 32 a 31 a zavedením jejich výstupů do součtového bloku 33 regulátoru reprezentuje odhad neměřitelné poruchy $\hat{v}(t + t_\varphi)$ s daným fázovým posunutím, který přesně kompenzuje fázové zpoždění servosmyčky tím, že je přes zesilovací blok a součtové bloky zaveden do této servosmyčky.

Využití vynálezu se předpokládá v regulačních systémech řízení tepelně-technických procesů energetických bloků o výkonu až 500 MW pro regulaci vybraných veličin, zejména však v regulačním obvodu teploty přehřáté páry.

Další výhodou uvedeného zapojení je, že lze odděleně volit dynamiku pozorovatele stavu systému včetně pozorovatele poruchy a stavového regulátoru včetně integrátoru odchylky. To znamená zvýšení řádu regulačního obvodu, které se současným zavedením dopředné sledovací vazby i sledovací integrační vazby umožňuje přesné sledování lineárně rostoucí žádané hodnoty, což lze využít při změně provozních stavů, zejména při na-
jíždění a odstavování energetických nebo jiných procesů.

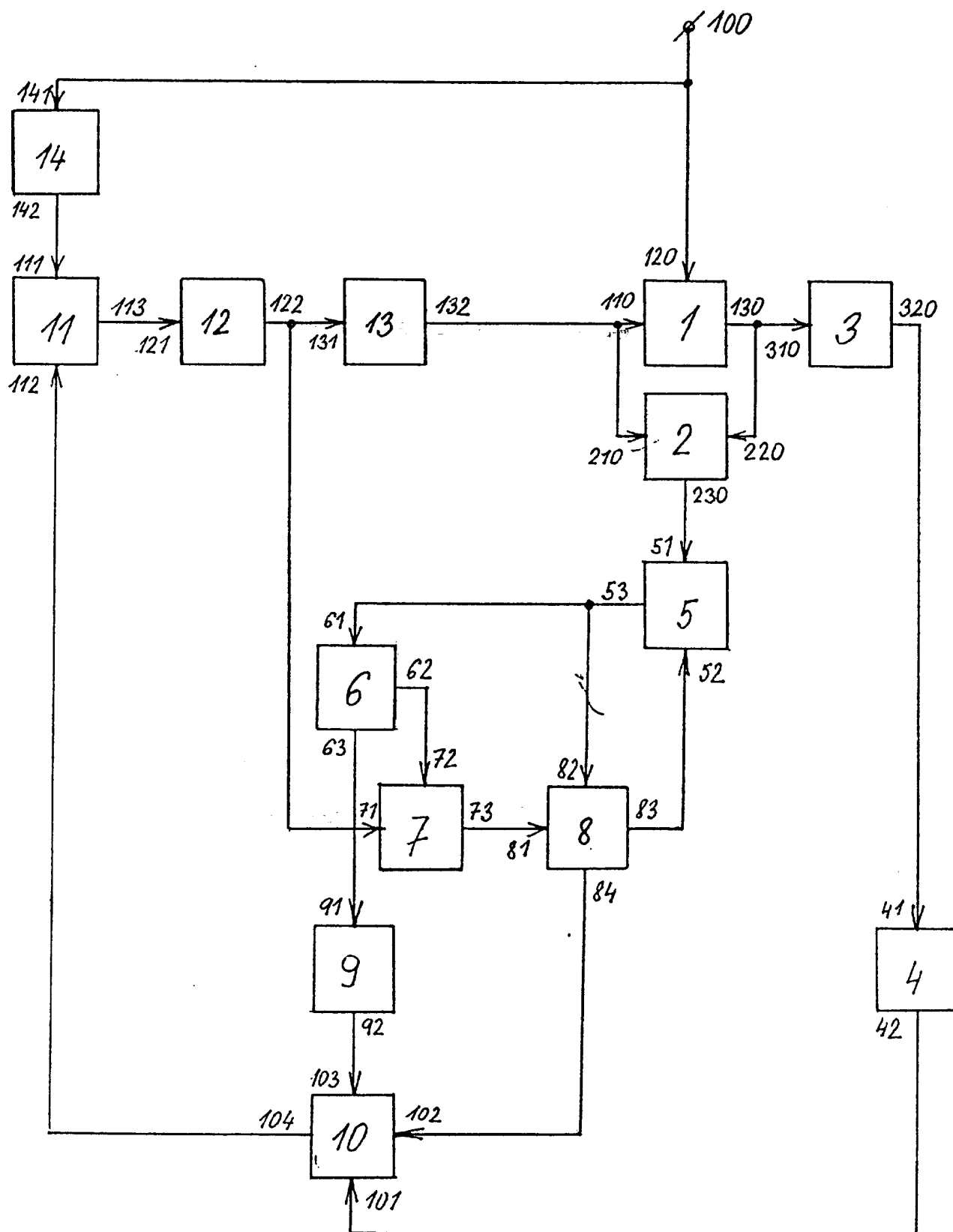
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení regulačního obvodu se stavovým pozorovatelem regulovaného systému s přepínáním vstupu, stavovým regulátorem, sledovací integrační a dopřednou vazbou, pozorovatelem a regulátorem neměřitelné poruchy, obsahující stavový pozorovatel regulovaného systému a stavový regulátor, vyznačující se tím, že výstup (122) servosmyčky (12) je připojen na vstup (131) regulovaného systému (13) jehož výstup (132) je připojen na první vstup (110) součtového bloku (1) žádané hodnoty opatřeného druhým vstupem (120) pro připojení žádané hodnoty regulované veličiny ze vstupu (100), výstup (130) součtového bloku (1) žádané hodnoty je připojen na vstup (310) integračního bloku (3) sledovací integrační vazby a zároveň je připojen na druhý vstup (220) přepínacího bloku (2), na jehož druhý vstup (210) je připojen výstup (132) regulovaného systému (13), výstup (230) přepínacího bloku (2) je připojen na první vstup (51) součtového bloku (5) chyby odhadu stavu, na jehož druhý vstup (52) je připojen první výstup (83) bloku (8) stavového pozorovatele, výstup (53) součtového bloku (5) chyby odhadu stavu je připojen na druhý vstup (82) bloku (8) stavového pozorovatele a na vstup (61) bloku (6) pozorovatele poruchy, jehož první výstup (62) je připojen na druhý vstup (72) součtového bloku (7) odhadu poruchy a druhý výstup (63) je připojen na vstup (91) zesilovacího bloku (9) regulátoru poruchy, výstup (122) servosmyčky (12) je připojen na první vstup (71) součtového bloku (7) odhadu poruchy jehož výstup (73) je připojen na první vstup (81) bloku (8) stavového pozorovatele, jehož druhý výstup (84) je připojen na druhý vstup (102) součtového bloku (10) akčního zásahu, na jehož třetí vstup (103) je připojen výstup (92) zesilovacího bloku (9) regulátoru poruchy, výstup (320) integračního bloku (3) sledovací integrační vazby je připojen na vstup (41) zesilovacího bloku (4) sledovací integrační vazby, jehož výstup (42) je připojen na první vstup (101) součtového bloku (10) akčního zásahu, jehož výstup (104) je připojen na druhý vstup (112) součtového bloku (11) na jehož první vstup (111) je připojen výstup (142) zesilovacího bloku (14) sledovací dopředné vazby opatřeného vstupem (141) pro připojení žádané hodnoty regulované veličiny ze vstupu (100), výstup (113) součtového bloku (11) je připojen na vstup (121) servosmyčky (12).

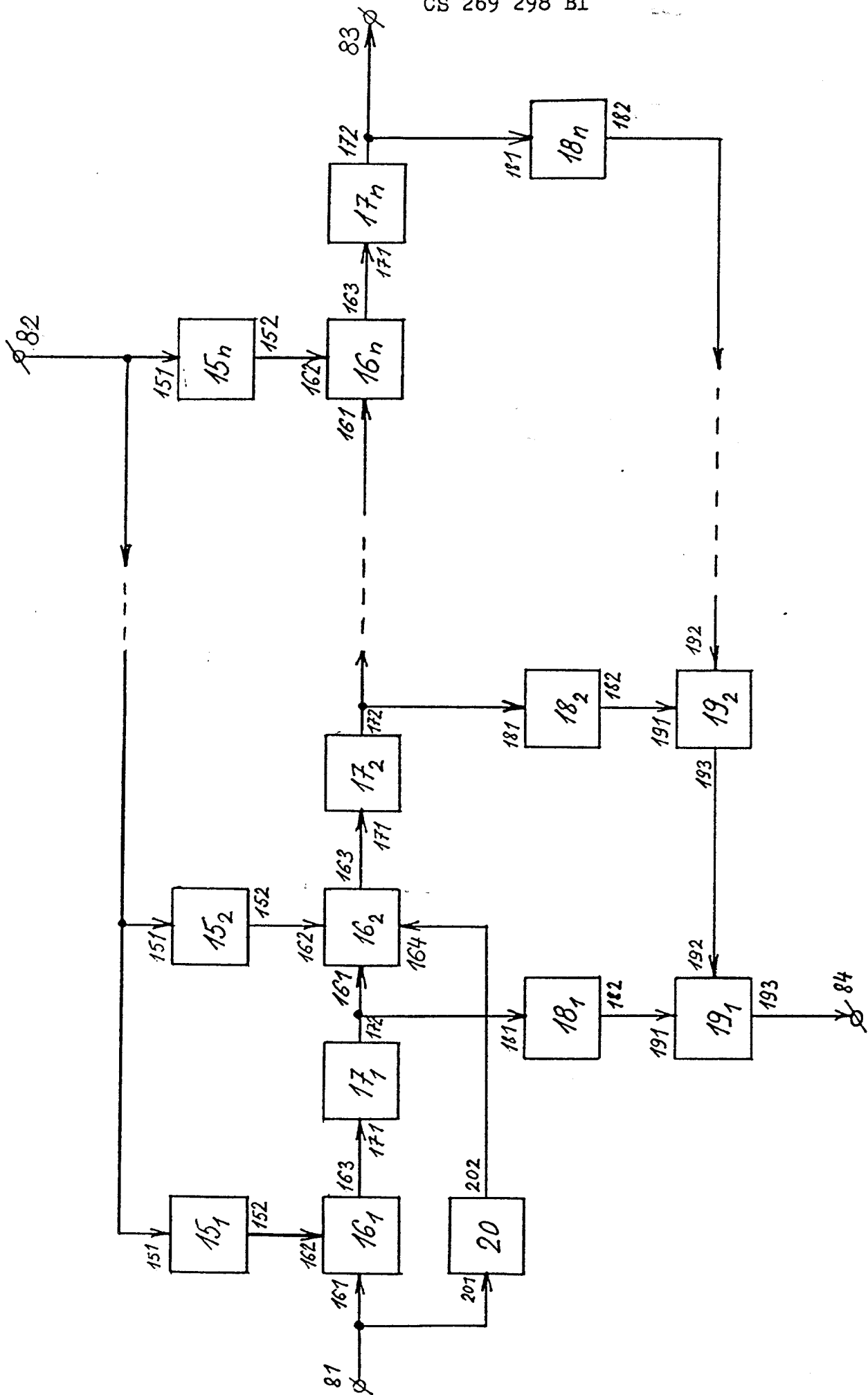
2. Zapojení regulačního obvodu podle bodu 1 vyznačující se tím, že první vstup (81) bloku (8) stavového pozorovatele je spojen s prvním vstupem (161) prvního součtového bloku (16₁) stavových zpětných vazeb jehož druhý vstup (162) je připojen na výstup (152) prvního zesilovacího bloku (15₁) pozorovatele jehož vstup (151) je spojen s druhým vstupem (82) bloku (8), výstup (163) prvního součtového bloku (16₁) stavových zpětných vazeb je připojen na vstup (171) prvního setrvačného členu prvního řádu (17₁) jehož výstup (172) je připojen na první vstup (161) druhého součtového bloku (16₂) stavových zpětných vazeb, jehož druhý vstup (162) je připojen na výstup (152) druhého zesilovacího bloku (15₂) pozorovatele, jehož vstup (151) je spojen s druhým vstupem (82) bloku (8), na třetí vstup (164) druhého součtového bloku (16₂) stavových zpětných va-

zeb je připojen výstup (202) zesilovacího bloku (20) polynomu čitatele, jehož vstup (201) je spojen s prvním vstupem (81) bloku (8), výstup (163) druhého součtového bloku (16₂) stavových zpětných vazeb je připojen na vstup (171) druhého setrvačného členu prvního řádu (17₂), jehož výstup (172) je připojen na první vstup (161) dalšího, postupně až n-tého součtového bloku (16_n) stavových zpětných vazeb, jehož druhý vstup (162) je připojen na výstup (152) n-tého zesilovacího bloku (15_n) pozorovatele jehož vstup (151) je spojen s druhým vstupem (82) bloku (8), výstup (163) n-tého součtového bloku (16_n) stavových zpětných vazeb je spojen s prvním výstupem (83) bloku (8) a zároveň je připojen na první vstup (181) n-tého zesilovacího bloku (18_n) stavových zpětných vazeb, jehož výstup (182) je připojen na druhý vstup (192) n-1 součtového bloku stavových zpětných vazeb až postupně druhého součtového bloku (19₂) stavových zpětných vazeb, na jehož první vstup (191) je připojen výstup (182) druhého zesilovacího bloku (18₂) stavových zpětných vazeb, jehož vstup (181) je připojen na výstup (172) druhého setrvačného členu prvního řádu (17₂), výstup (193) druhého součtového bloku (19₂) stavových zpětných vazeb je připojen na druhý vstup (192) prvního součtového bloku (19₁) stavových zpětných vazeb, jehož první vstup (191) je připojen na výstup (182) prvního zesilovacího bloku (18₁) stavových zpětných vazeb, jehož vstup (181) je připojen na výstup (172) prvního setrvačného členu prvního řádu (17₁), výstup (193) prvního součtového bloku (19₁) stavových zpětných vazeb je spojen s druhým výstupem (84) bloku (8) stavového pozorovatele.

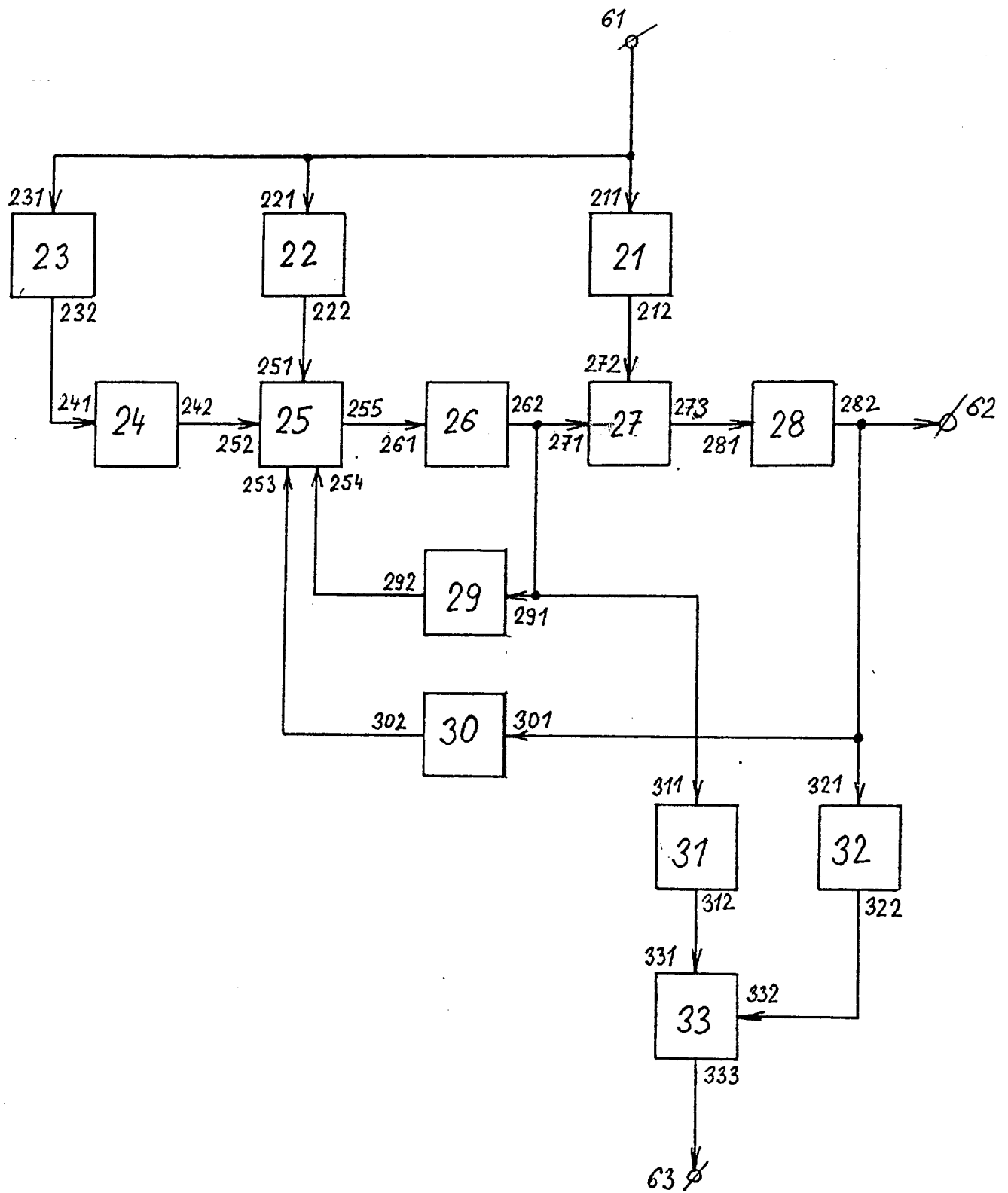
3. Zapojení regulačního obvodu podle bodu 1 vyznačující se tím, že vstup (61) bloku (6) pozorovatele poruchy je spojen se vstupy (211), (221) a (231) zesilovacích bloků (21), (22) a (23), přičemž výstup (232) zesilovacího bloku (23) lineárně narůstající poruchy je připojen na vstup (241) integračního bloku (24) lineárně narůstající poruchy, jehož výstup (242) je připojen na druhý vstup (252) součtového bloku (25) harmonické poruchy, jehož první vstup (251) je připojen na výstup (222) zesilovacího bloku (22) harmonické poruchy, třetí vstup (253) součtového bloku (25) harmonické poruchy je připojen na výstup (302) zesilovacího bloku (30) frekvence poruchy a čtvrtý vstup (254) je připojen na výstup (292) zesilovacího bloku (29) spektra poruchy, výstup (255) součtového bloku (25) harmonické poruchy je připojen na vstup (261) integračního bloku (26) harmonické poruchy, jehož výstup (262) je připojen na první vstup (271) součtového bloku (27) skokové poruchy a na vstup (291) zesilovacího bloku (29) spektra poruchy a na vstup (311) zesilovacího bloku (31) stavu poruchy, druhý vstup (272) součtového bloku (27) skokové poruchy je připojen na výstup (212) zesilovacího bloku (21) skokové poruchy a výstup (273) součtového bloku (27) skokové poruchy je připojen na vstup (281) integračního bloku (28) skokové poruchy, jehož výstup (282) je spojen s prvním vstupem (62) bloku (6) a zároveň je připojen na vstup (301) zesilovacího bloku (30) frekvence poruchy a také na vstup (321) zesilovacího bloku (32) odhadu poruchy, jehož výstup (322) je připojen na druhý vstup (332) součtového bloku (33) regulátoru poruchy, jehož první vstup (331) je připojen na výstup (312) zesilovacího bloku (31) stavu poruchy, výstup (333) součtového bloku (33) regulátoru poruchy je spojen s druhým výstupem (63) bloku (6) pozorovatele poruchy.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3