



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

201587

(11) (B1)

(51) Int. Cl³

B 60 K 31/00

[22] Přihlášeno 07 10 74

[21] (PV 6854—74)

[40] Zveřejněno 31 03 80

[45] Vydáno 30 06 82

[75]

Autor vynálezu

ČASTORÁL ZDENĚK ing., CSc., PLZEŇ

(54) Způsob řízení mobilních jednotek a zapojení k provádění tohoto způsobu

Vynález se týká způsobu řízení mobilních jednotek na konstantních trasách učícím se systémem, zejména řízení motorových a akumulátorových vozidel.

Dosud známé způsoby řízení mobilních jednotek se uskutečňují převážně obsluhující osobou. Tento způsob řízení je poměrně neefektivní a někdy i nespolehlivý v důsledku fyziologické nespolehlivosti člověka. V důsledku toho může docházet k nesprávným nebo nevhodným reakcím. Dálkový radiový způsob řízení mobilních jednotek je poměrně nákladný, velmi poruchový a použitelný pouze v omezených případech, kdy ovládající osoba může mobilní jednotku dobře a stále vizuálně sledovat. Ovšem i v tomto případě s rostoucí vzdáleností mobilních jednotek od ovládající osoby vzrůstají chyby vizuálního odhadu, znemožňující správné řízení vozidla. Proto použitelnost podobného způsobu řízení je značně omezena. Existuje i způsob řízení mobilních jednotek založený na tom principu, že pod vozovkou, respektive ve směru trasy vozidla pod povrchem jízdní dráhy, se ukládá kabel napájený signální vf. energií. Na mobilní jednotce se umísťují přijímací cívky, kterými se přijímá vyzařovaná vf. energie a vozidlo sleduje trasu proloženého kabelu. Tento způsob řízení v důsledku ztížené možnosti pro-

ložení kabelu v povrchových dolech, skladech apod. je nevyhovující. Navíc při změnách trasy by bylo nutné stále přemísťovat kabel, což je ekonomicky neúnosné a nežádoucím způsobem by to určitou dobu omezovalo provoz. Programovaný způsob řízení mobilních jednotek, při kterém se na mobilní jednotce zadává program trasy jízdy, vyžaduje synchronizovat program s přesným odečtem koordinát mobilní jednotky. Chyba v odečtu se podstatně odráží v chybě jízdy. Zařízení pro přesný odečet koordinát, pracující na nejrůznějších principech, jsou velmi nákladná a málo spolehlivá.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje způsob řízení mobilních jednotek na konstantních trasách učícím se systémem, podle vynálezu, jehož podstatou je, že ze vstupního signálu, charakterizujícího úhel natočení kol a počet otáček náprav, se vytváří v aproximačním zařízení z násobících, součtových, rozdílových jednotek a diskretních integrátorů aproximační polynom, přičemž samočinné řízení mobilních jednotek po naučení se systému se provádí regulátorem úhlu, který podle počtu otočení nápravy natáčí kola mobilní jednotky tak, aby rozdíl mezi funkcí aproximačního polynomu a funkcí skutečné trasy byl nulový.

Podstatou zapojení k provádění způsobu

podle vynálezu je, že druhá vstupní svorka je připojena na první vstup první sumační jednotky, jejíž výstup je připojen jednak přes první zpožďovací jednotku na druhý vstup první sumační jednotky a jednak přes kosinusový blok na první vstup první násobící jednotky a přes sinusový blok na první vstup druhé násobící jednotky, která je připojena výstupem na první vstup třetí sumační jednotky, jejíž výstup je připojen na vstup rozdílové jednotky a přes třetí zpožďovací jednotku na druhý vstup třetí sumační jednotky, přičemž první vstupní svorka je připojena na druhý vstup druhé násobící jednotky a na druhý vstup první násobící jednotky, která je výstupem připojena na první vstup druhé sumační jednotky, jejíž vstup je připojen jednak přes druhou zpožďovací jednotku na druhý vstup druhé sumační jednotky, jednak na oba vstupy třetí násobící jednotky, na první vstupy čtvrté, páté a deváté násobící jednotky a přes první váhovou jednotku na sumátor, přičemž výstup třetí násobící jednotky je připojen na druhý vstup čtvrté násobící jednotky, na první vstup osmé násobící jednotky a přes druhou váhovou jednotku na sumátor, výstup čtvrté násobící jednotky je připojen na druhý vstup páté násobící jednotky, na první vstup sedmé násobící jednotky a přes třetí váhovou jednotku na sumátor, výstup páté násobící jednotky je připojen na první vstup šesté násobící jednotky a přes čtvrtou váhovou jednotku na sumátor, kterýžto sumátor je výstupem připojen na negující vstup rozdílové jednotky, jejíž výstup je připojen na pohyblivý kontakt přepínače, přičemž první kontakt přepínače je připojen na regulátor úhlu a druhý kontakt přepínače je připojen na funkcionální blok, kterýžto funkcionální blok je výstupem připojen na druhé vstupy šesté, sedmé, osmé a deváté násobící jednotky a přes první měřítkový součinnový blok a přes první diskrétní integrátor na ovládací vstup nulté váhové jednotky, jejíž výstup je připojen na sumátor, přičemž výstupy šesté, sedmé, osmé a deváté násobící jednotky jsou připojeny přes druhý, třetí, čtvrtý a pátý měřítkový součinnový blok a přes druhý, třetí, čtvrtý a pátý diskrétní integrátor na ovládací vstupy první, druhé, třetí a čtvrté váhové jednotky.

Způsobem řízení mobilních jednotek na konstantních trasách učícím se systémem, podle vynálezu, se dosáhne spojení výhod při počátečním řízení mobilní jednotky obsluhující osobou s pozdějším automatickým řízením bez účasti člověka. Mobilní jednotka jezdí po stejné trase, na kterou ji při počátečním řízení naučila obsluhující osoba. Protože obsluhující osoba může na vozidle dobře vybrat nejvhodnější a nejsjízdnější trasu, je i pozdější automatická jízda po této trase neoptimálnější. Zařízení nevyžaduje prokládat kabel, nevyžaduje speciální systém pro přesné odečítání koordinát

vozidla. Vylučuje chybu vizuálního odhadu, která se projevuje při řízení mobilních jednotek radiovým kanálem. Při změnách trasy se vozidlo obsluhující osobou přeúčí na novou trasu. Doba naučení se je závislá na složitosti křivky sledované trasy. Chyba v odečtu koordinát při počáteční jízdě s obsluhující osobou se neprojevuje v chybách s pozdějším automatickým řízením.

Podstata vynálezu je blíže objasněna na uvedeném příkladu a na připojených výkresech, kde

na obr. 1 je nakresleno celkové schéma zapojení podle vynálezu,

na obr. 2 je nakresleno přepínání budicích cívek elektromotoru regulátorem úhlu při automatickém řízení vozidla a

na obr. 3 je nakreslen jiný způsob ovládání regulátoru úhlu s jednou budicí cívkou a komutací elektromotoru,

na obr. 4 je znázorněn způsob ovládání dvou neutrálních relé, které mohou rovněž zprostředkovávat přepínání regulátoru úhlu.

Zapojení zařízení na obr. 1 instalované na mobilní jednotce umožňuje měřit ujetou vzdálenost a určovat úhel odklonu od nulové vztažné osy trasy. K měření se využívá například impuls odvozený od jednoho otočení nápravy. Známe-li obvod kola zvoleného k měření projetí vzdálenosti, známe i hodnotu B , tj. vzdálenost projetou vždy po jednom otočení kola. Vždy při odečtu projeté vzdálenosti se odečítá i úhel $\Delta\varphi$ nastavené hodnoty úhlu řízení. Tento úhel se měří na vozidle jako úhel natočení kol od své nulové hodnoty, tj. od stavu v neutrální nenatočené poloze. Úhel vozidla od nulové vztažné osy trasy po n -tém otočení nápravy se vypočítává podle vztahu

$$\varphi[n] = \Delta\varphi + \varphi[n-1],$$

kde n je kladné číslo, $\varphi[n]$ je nový úhel po n -tém otočení nápravy, $\varphi[n-1]$ je předcházející hodnota úhlu a $\Delta\varphi$ je okamžitá nastavená hodnota úhlu řízení.

Na první vstupní svorku a učícího se systému se přivede hodnota B projeté vzdálenosti po jednom otočení nápravy (např. $B=1$ m) a na svorku b odečtená hodnota úhlu řízení $\Delta\varphi$. Na první sumační jednotce 1 se sčítá úhel řízení $\Delta\varphi$ s předcházející hodnotou úhlu $\varphi[n-1]$, získanou na výstupu první zpožďovací jednotky 2. Hodnota úhlu $\varphi[n]$ po n -tém otočení nápravy se zavádí do sinusového bloku 4 a kosinusového bloku 3. V kosinusovém bloku 3 se vytváří $\cos \varphi[n]$, který se v první násobící jednotce 5 vynásobuje hodnotou B , takže se získá

$$B \cdot \cos \varphi[n].$$

Projetou vzdálenost $x[n]$ po n -tém otočení nápravy můžeme získat podle vztahu

$$x[n] = x[n-1] + B \cdot \cos \varphi[n],$$

kde $x[n]$ je celková vzdálenost, projetá po n -tém otočení nápravy a $x[n-1]$ je předcházející hodnota vzdálenosti. Součet $x[n-1]$ a $B \cdot \cos \varphi[n]$ realizuje druhá sumační jednotka 7 a $x[n-1]$ se získává na výstupu druhé zpožďovací jednotky 8. Signál $x[n]$ se

přivádí paralelně do čtyřech větví vlastního učicího se systému. První větví prochází přes první váhovou jednotku **14**, kde se vynásobí hodnotou $c_1[n-1]$ na první vstup sumátoru **19**, tj. na tento vstup se přivádí hodnota $c_1[n-1] \cdot x[n]$. V druhé větví vlastního učicího se systému je třetí násobící jednotka **11**. Tato třetí násobící jednotka **11** vytvoří signál $x^2[n]$, který se ve druhé váhové jednotce **15** vynásobí hodnotou $c_2[n-1]$, získá se

$$c_2[n-1] \cdot x^2[n-1]$$

a přivádí se na druhý vstup sumátoru **19**. Ve třetí větví se signál $x[n]$ ve čtvrté násobící jednotce **12** vynásobí hodnotou $x^2[n]$ a výsledný signál ve třetí váhové jednotce **16** se vynásobí hodnotou $c_3[n-1]$. Získá se tak signál

$$c_3[n-1] \cdot x^3[n],$$

přiváděný na třetí vstup sumátoru **19**. Ve čtvrté větví vlastního učicího se systému se vynásobí $x[n]$ v páté násobící jednotce **13** hodnotou $x^3[n]$ a výsledný signál ve čtvrté váhové jednotce **17** hodnotou $c_4[n-1]$. Na čtvrtý vstup sumátoru **19** se potom přivádí signál tvaru

$$c_4[n-1] \cdot x^4[n].$$

Na pátý vstup sumátoru **19** je přiváděn z nulté váhové jednotky **18** signál $c_0[n-1]$. Výsledný signál $\hat{f}$ na výstupu sumátoru **19** bude

$$\hat{f} = c_4[n-1] \cdot x^4[n] + c_3[n-1] \cdot x^3[n] + c_2[n-1] \cdot x^2[n] + c_1[n-1] \cdot x[n] + c_0[n-1].$$

Doplněním dalších větví k sumátoru **19** by bylo možné realizovat aproximační polynom i vyššího řádu. V sinusovém bloku **4** vytvořený signál $\sin \varphi[n]$ se v druhé násobící jednotce **6** vynásobuje hodnotou B ujeté vzdálenosti po jednom otočení nápravy a v třetí sumační jednotce **8** se sčítá s hodnotou $\hat{f}[n-1]$, získanou na výstupu třetí zpožďovací jednotky **10**. Hodnota funkce $\hat{f}[n]$ při celkové vzdálenosti projeté po n -tém otočení nápravy se vypočítává podle vztahu

$$\hat{f}[n] = \hat{f}[n-1] + B \cdot \sin \varphi[n],$$

kde $\hat{f}[n-1]$ je předcházející hodnota funkce $\hat{f}[n]$. Skutečnost, že mobilní jednotka se naučí projíždět automaticky určitou trasu spočívá v tom, že funkce $\hat{f}[n]$ pro každé n otočení nápravy se bude aproximovat polynomm $\hat{f}$. Po uskutečnění jedné nebo několika zkušebních jízd s obsluhující osobou se v aproximačním polynomu automaticky nastaví takové parametry $c_i[n-1]$, kde $i = 0, 1, 2, 3, 4$, že funkce trasy $\hat{f}[n]$ bude dostatečně přesně aproximována polynomm $\hat{f}$, takže další řízení po opakované trase se může uskutečnit automaticky podle $\hat{f}$. V rozdílové jednotce **20** se získá rozdíl

$$\hat{f}[n] - \hat{f}.$$

Funkcionální blok **21** vytvoří

$$F(\hat{f}[n] - \hat{f}).$$

Operátor $F(\dots)$ je realizován podle cílů učení. Jestliže je požadováno, aby v procesu

učení byla minimalizována středně kvadratická odchylka, je funkcionální blok **21** realizován násobičkou, ve které se vstupní signál $\hat{f}[n] = \hat{f}$ násobí $1/2$. Jestliže je požadována minimalizace absolutní hodnoty vstupního signálu funkcionálního bloku **21**, může být funkcionální blok **21** realizován prahovým obvodem typu $-1 \square 1$ nebo relé. Hodnoty vah $c_0[n-1]$, $c_1[n-1]$, $c_2[n-1]$, $c_3[n-1]$, $c_4[n-1]$ se nastavují postupně iterační procedurou podle vztahu

$$c_i[n] = c_i[n-1] - \gamma_i[n] \cdot F(\hat{f}[n] - \hat{f}).$$

grad $c_i \hat{f}$, kde $i = 1, 2, 3, 4$, a kde $\gamma_i[n]$ je měřítkový koeficient. K tomuto účelu je za funkcionálním blokem **21** zapojena šestá, sedmá, osmá a devátá násobící jednotka **22**, **23**, **24**, **25** je přiveden signál z obvodu před každou příslušnou první až čtvrtou váhovou jednotkou **14**, **15**, **16**, **17**. Na vstup nulté váhové jednotky **18** je zavedena hodnota signálu rovná jedné. Výstupní signály z šesté až deváté násobící jednotky **22**, **23**, **24**, **25** jsou zavedeny před druhý až pátý měřítkový součinnový blok **28**, **30**, **32**, **34** do druhého až pátého diskretního integrátoru **29**, **31**, **33**, **35**. Výstup funkcionálního bloku **21** je připojen přes první měřítkový součinnový blok **26** do prvního diskretního integrátoru **27**. Výstup prvního diskretního integrátoru **27** ovládá nultou váhovou jednotku **18**, výstup druhého diskretního integrátoru **29** ovládá čtvrtou váhovou jednotku **17**. Podobně třetí, čtvrtý a pátý diskretní integrátor **31**, **33**, **35** ovládá třetí, druhou a první váhovou jednotku **16**, **15**, **14**.

Po naučení se přepne přepínač **38**. Odpojí se tak obvody nastavování váhových jednotek **14**, **15**, **16**, **17**, **18** a k výstupu rozdílové jednotky **20** se připojí regulátor úhlu **37** natočení kol. Současně se na první vstupní svorku **a** přivede impuls, respektive první hodnota **B**. Na výstupu rozdílové jednotky **20** se objeví signál $\hat{f}[n] - \hat{f}$. Jestliže má tento signál nulovou hodnotu, zapíná se spojka a vozidlo se rozjíždí. Při kladné nebo záporné hodnotě rozdílu $\hat{f}[n] - \hat{f}$ se zapíná regulátor úhlu **37**, který mění úhel natočení kol v jednom nebo druhém směru tak dlouho, dokud nebude splněno $\hat{f}[n] - \hat{f} = 0$. Poté se opět vozidlo rozjíždí. Další korekce úhlu probíhají vždy při každém otočení nápravy, respektive při signálu **B**. Činnost regulátoru úhlu **37** je rychlá, korekce se provádějí v době jízdy vozidla po každém otočení nápravy bez zastavení vozidla.

Na obr. 2 je znázorněn možný způsob přepínání budících cívek **B₁**, **B₂** elektromotoru **E** regulátoru úhlu **37** při automatickém řízení vozidla. Jiný způsob ovládání regulátorem úhlu **37** s jednou budící cívkou **B₃** a komutací elektromotoru **E** je znázorněn na obr. 3. Je použito kontaktů relé **R**, které komutují polaritu připojení motoru **E**. Na obr. 4 je znázorněn způsob ovládání dvou neutrálních relé **C**, **D** zapojených v kolektorech transis-

torů T_1 , T_2 . Báze transistorů T_1 , T_2 jsou připojeny přes odpory R_2 , R_4 na omezovače, tvořené zenerovými diodami Z_1 , Z_2 a odpory R_1 , R_3 . Toto zapojení může zprostředkovávat rovněž regulaci úhlu.

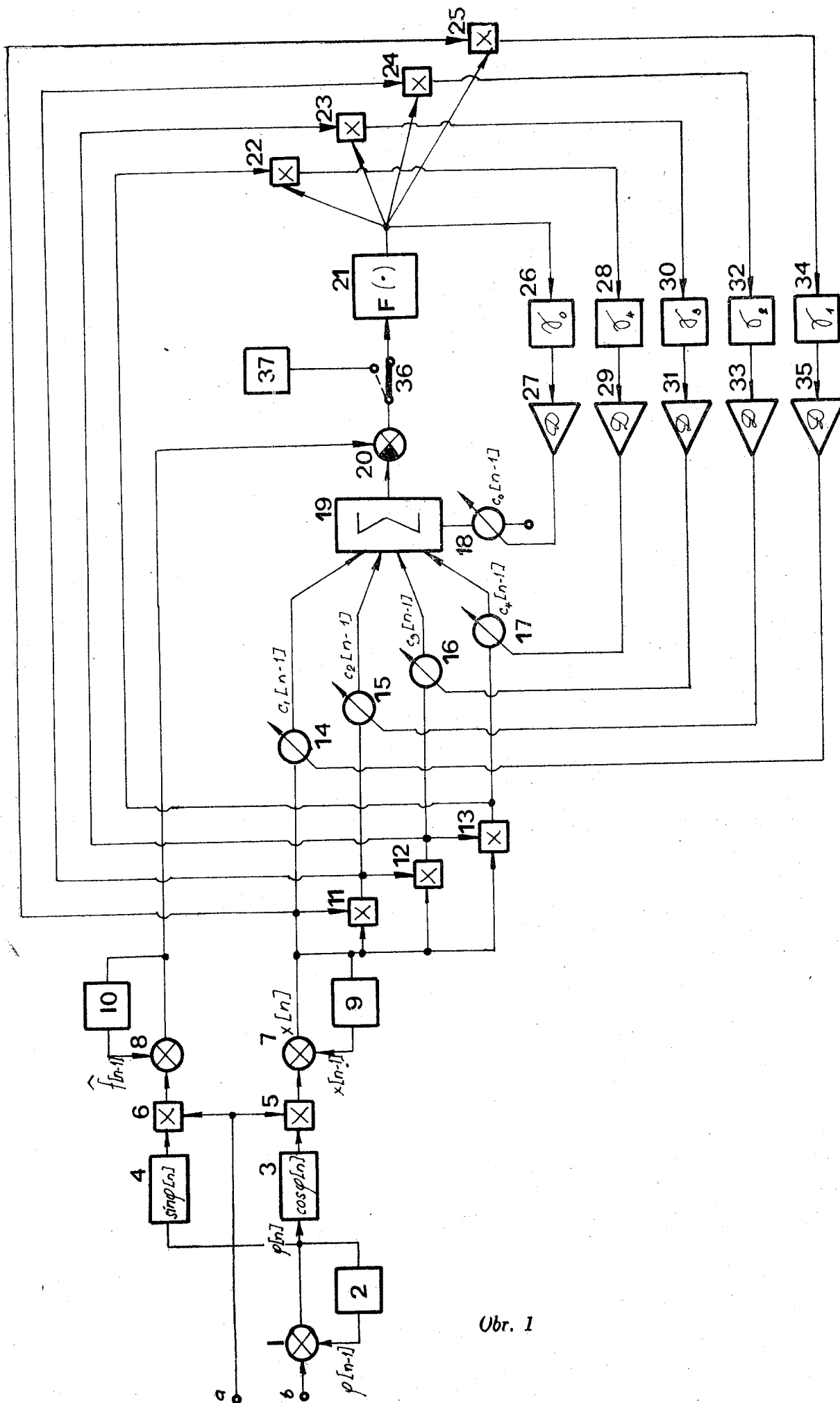
Způsob řízení mobilních jednotek na kon-

stantních trasách učícím se systémem, podle vynálezu, lze využít k řízení vozidel ve skladech, povrchových dolech a podobně, to je všude tam, kde vozidla vykonávají opakované jízdy po stejné trase.

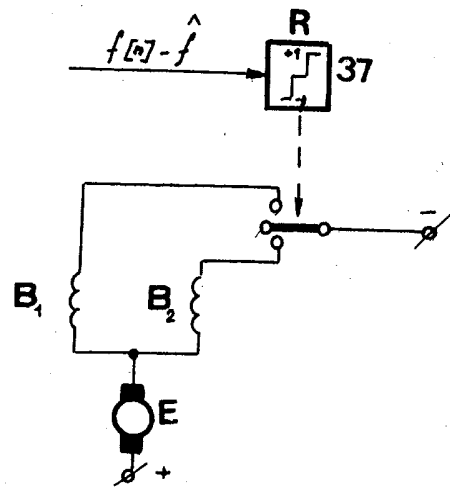
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob řízení mobilních jednotek na konstantních trasách učícím se systémem, vyznačený tím, že ze vstupního signálu, charakterizujícího úhel natočení kol a počet otáček náprav, se vytvoří v aproximačním zařízení z násobících, součtových a rozdílových jednotek a diskrétních integrátorů aproximační polynom, po naučení systému se provádí samočinné řízení regulátorem úhlu, který podle počtu otočení nápravy natáčí kola mobilní jednotky, přičemž rozdíl mezi funkcí aproximačního polynomu a funkcí skutečné trasy je nulový.
2. Zapojení k provádění způsobu podle bodu 1, vyznačené tím, že druhá vstupní svorka (b) je připojena na první vstup první sumační jednotky (1), jejíž výstup je připojen jednak přes první zpožďovací jednotku (2) na druhý vstup první sumační jednotky (1) a jednak přes kosinusový blok (3) na první vstup první násobící jednotky (5) a přes sinusový blok (4) na první vstup druhé násobící jednotky (6), kterážto druhá násobící jednotka (6) je připojena výstupem na první vstup třetí sumační jednotky (8), jejíž výstup je připojen na první vstup rozdílové jednotky (20) a přes třetí zpožďovací jednotku (10) na druhý vstup třetí sumační jednotky (8), přičemž první vstupní svorka (a) je připojena na druhý vstup druhé násobící jednotky (6) a na druhý vstup první násobící jednotky (5), a první násobící jednotka (5) je výstupem připojena na první vstup druhé sumační jednotky (7), jejíž výstup je připojen jednak přes druhou zpožďovací jednotku (9) na druhý vstup druhé sumační jednotky (7), jednak na oba vstupy třetí násobící jednotky (11),

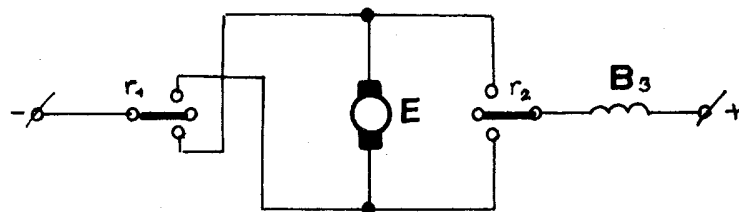
na první vstupy čtvrté, páté a deváté násobící jednotky (12, 13, 25) a přes první váhovou jednotku (14) na sumátor (19), přičemž výstup třetí násobící jednotky (11) je připojen na druhý vstup čtvrté násobící jednotky (12), na první vstup osmé násobící jednotky (24) a přes druhou váhovou jednotku (15) na sumátor (19), výstup čtvrté násobící jednotky (12) je připojen na druhý vstup páté násobící jednotky (13), na první vstup sedmé násobící jednotky (23) a přes třetí váhovou jednotku (16) na sumátor (19), výstup páté násobící jednotky (13) je připojen na první vstup šesté násobící jednotky (22) a přes čtvrtou váhovou jednotku (17) na sumátor (19), kterýžto sumátor (19) je výstupem připojen na druhý vstup rozdílové jednotky (20), jejíž výstup je připojen na společný kontakt přepínače (36), přičemž první kontakt přepínače (36) je připojen na regulátor úhlu (37) a druhý kontakt přepínače (36) je připojen na funkcionální blok (21), kterýžto funkcionální blok (21) je výstupem připojen na druhé vstupy šesté, sedmé, osmé a deváté násobící jednotky (22, 23, 24, 25) a přes první měřítkový součinnový blok (26) a přes první diskretní integrátor (27) na ovládací vstup nulté váhové jednotky (18), jejíž výstup je připojen na sumátor (19), přičemž výstupy šesté, sedmé, osmé a deváté násobící jednotky (22, 23, 24, 25) jsou připojeny přes druhý, třetí, čtvrtý a pátý měřítkový součinnový blok (28, 30, 32, 34) a přes druhý, třetí, čtvrtý a pátý diskretní integrátor (29, 31, 33, 35) na ovládací vstupy první, druhé, třetí a čtvrté váhové jednotky (14, 15, 16, 17).



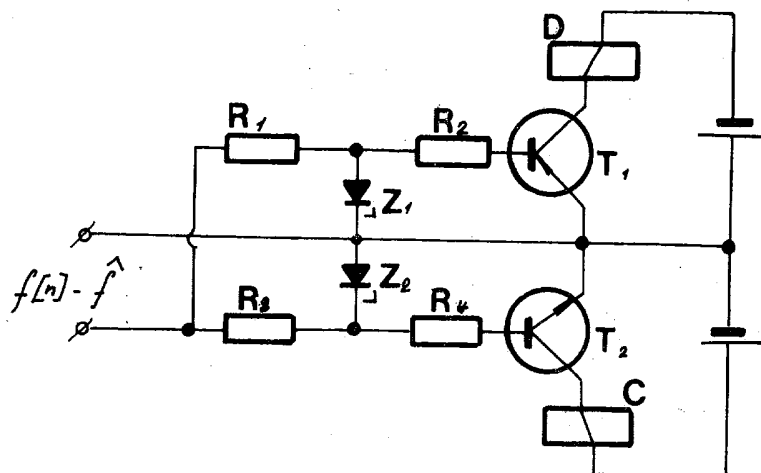
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4