

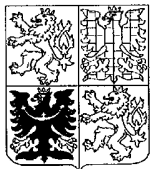
PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2000 -2427

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **21.12.1998**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **30.12.1997**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1997/9704929**

(33) Země priority: **SE**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **13.12.2000**
(Věstník č. 12/2000)

(86) PCT číslo: **PCT/SE98/02405**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO99/36314**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

B 64 C 13/38

B 64 C 13/04

B 64 C 13/24

(71) Přihlašovatel:

SAAB AB, Linköping, SE;

(72) Původce:

Sjöquist Anders, Linköping, SE;

(74) Zástupce:

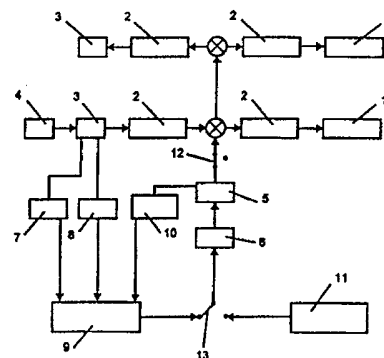
Hakr Tomáš Ing., Přístavní 24, Praha 7, 17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Uspořádání mechanické řídicí soustavy letadla a způsob regulování řídicí síly mechanické řídicí soustavy letadla

(57) Anotace:

Řešení se týká uspořádání a způsobu u mechanické řídicí soustavy letadla. Řídicí plochy (1) letadla mohou být ovládány z pilotního prostoru letadla prostřednictvím řídicí soustavy pomocí alespoň jednoho řídicího prvku (3), například řídicího kola, řídicího sloupku nebo páru pedálů, provozně spojených s řídicí soustavou. S řídicí soustavou je také spojen servomotor (5), společně se snímači. Snímače jsou určeny, při ovládání řídicím prvkem (3), ke zjišťování kroutícího momentu uplatňovaného na řídicí prvek (3) vyvozenou silou, dále ke zjišťování úhlu vyvážení řídicího prvku a úhlové rychlosti, při níž se provádí tato činnost. Uspořádání je dále opatřeno řídicím zařízením (9), které na základě podmínek zjištěných snímači, je určeno k řízení servomotoru (5), takže poměr mezi silou vyvozenou na řídicí prvek (3) a úhlem vyvážení řídicího prvku zaujímá požadovanou, v podstatě konstantní hodnotu.



47 212 x)

7V 2427 - 00
27.05.00

177842/TH

mechanické řídicí soustavy letadla

Uspořádání a způsob regulování řídicí síly mechanické řídicí soustavy letadla

Oblast techniky

Vynález se týká uspořádání mechanické řídicí soustavy letadla, v němž řídicí plochy letadla mohou být ovládány z pilotního prostoru letadla prostřednictvím řídicí soustavy pomocí alespoň jednoho řídicího prvku, provozně spojeného s řídicí soustavou, například pomocí řídicího kola, řídicího sloupku nebo páru pedálů, jak je uvedeno v předvýznamové části nároku 1.

Vynález se dále týká způsobu regulování síly, která k dosažení požadovaného úhlu vyvážení musí být vyvozena na řídicí prvek pro ovládání řídicích ploch letadla, kde uvedený řídicí prvek je provozně spojen s mechanickou řídicí soustavou, a obsahuje například řídicí kolo, řídicí sloupek nebo pár pedálů, jak je uvedeno v předvýznamové části nároku 6.

Dosavadní stav techniky

Vybavení malých a středních letadel mechanickou řídicí soustavou, u nichž při ručním ovládání letadla působí jenom svalová síla pilota na řídicí plochy prostřednictvím kabelů a řídicí soustavy, je již známo. Cílem v tomto případě je konstruování řídicích ploch tak, aby aerodynamické a mechanické síly, působící na řídicí plochy při letu, nebyly tak velké, že by bylo pro pilota obtížné měnit polohu řídicích ploch. Některá obvyklá, známá řešení zahrnují použití různých typů pomocných

řídících ploch, tak zvaných klapek, ve spojení s aerodynamickým vyvážením řídících ploch, k dosažení ovladatelné úrovně síly.

S těmito známými řešeními však stále zůstávají spojeny problémy. Může být například obtížné optimalizovat dynamické spojení mezi vyvozeným kroutícím momentem a polohou řídicího sloupku nebo kola, a pro pilota může být zejména obtížné působit na řídicí povrchy v kritických situacích, například při náhlé ztrátě stability při poloze vyvážení naklonění letadla, a letadlo v důsledku toho se silně nakloní do jednoho směru, které mohou nastat jako následek silné námrazy.

Podstata vynálezu

Jedním cílem tohoto vynálezu je vytvořit uspořádání shora uvedeného typu, které přináší pilotovi servoasistenci při ručním ovládní letadla. Tohoto cíle se dosáhne uspořádáním s význaky uvedenými v nároku 1.

Dalším cílem tohoto vynálezu je vytvořit způsob shora uvedeného typu, pomocí něhož se dosáhne servoasistence při ručním ovládní letadla. Tohoto cíle se dosáhne způsobem s význaky uvedenými v nároku 6.

Výhodná provedení tohoto uspořádání také obsahují význaky uvedené v pomocných nárocích.

Uspořádání podle vynálezu má řadu výhod:

Pomocí tohoto uspořádání se může dosáhnout lineárního silového gradientu. Požadovaná hodnota může být určena ke statickému silovému gradientu. Požadované hodnoty mohou být určeny k plynulému tlumení a tření řídicího kola. Požadovaná hodnota může být určena k ovlivnění hmotnosti soustavy na řídicím sloupku nebo kolu.

Polohová zpětná vazba také poskytuje výhodu, kdy je možné ovlivnit vlastní kmitočet soustavy, takže není jednoduše určen vnějším zatížením a momentem setrvačnosti této soustavy. Bez polohové zpětné vazby není možné linearizovat jakoukoliv nelineární sílu v této základní mechanické soustavě. Polohová zpětná vazba znamená, že může být dosaženo lineárního vztahu mezi kroutícím momentem vyvozovaným na řídicí sloupek nebo kolo a úhlem vyvážení.

Přehled obrázků na výkrese

Vynález bude dále blíže osvětlen pomocí příkladů provedení s odkazem na příložený výkres, kde na obr. 1 je znázorněn zjednodušený obecný diagram soustavy řídicí plochy se servoasistencí, podle vynálezu, na obr. 2 je znázorněn zjednodušený popis způsobu řízení soustavy řídicí plochy se servoasistencí.

Příklady provedení vynálezu

V popisu obrázků jsou stejné vztahové značky použity pro stejné nebo podobné díly. Zjednodušený obecný diagram, znázorněný na obr. 1, znázorňuje soustavu křidélek, obsahující na každém křídle křídélko 1, které je spojeno pomocí lanek 2 křídélka 1 s řídicím prvkem 3, například ve formě řídicího kola. Soustava křidélek zahrnuje dva řídicí prvky 3, kde jeden z nich je ovládán ručně pilotem 4 při letu. Někde podél lanka 2 křídélka 1 je umístěn servomotor 5, který může být pomocí prvního přepínače 12 buď zapojen (jak je znázorněno), anebo

alternativně rozpojen. K servomotoru 5 je připojen servobudič 6. U každého řídicího prvku 3 je uspořádán jak snímač 7 krouticího momentu, tak úhlový snímač 8, které přivádějí informaci do řídicího zařízení 9, které také přijímá informaci ze snímače 10 úhlové rychlosti na servomotoru 5 (tyto prvky jsou znázorněny jenom pro jeden řídicí prvek. Alternativně může být umístěn úhlový snímač 8 na servomotoru 5 a/nebo snímač 10 úhlové rychlosti u řídicího prvku. Z této informace generuje řídicí zařízení 9 řídicí signál pro požadované řízení servomotoru 5, který je určen k regulování krouticího momentu, který musí pilot 4 vyvodit na řídicí prvek 3 tak, že poměr mezi vyvozeným krouticím momentem a úhlem vyvážení řídicího prvku zaujímá požadovanou, z velké části konstantní hodnotu, bez ohledu na úhel vyvážení řídicího prvku. Servomotor 5 může potom pracovat společně s krouticím momentem a proti krouticímu momentu vyvozovanému pilotem 4. Z obrázku je patrné, že servomotor může být stejný, jako servomotor používaný při letu s automatickým řízením nebo s autopilotem 11, přičemž druhý přepínač 13 umožňuje volbu mezi ručním řízením a řízením s autopilotem.

Na obr. 2 je znázorněn zjednodušený popis způsobu řízení soustavy křidélek se servoasistencí, podle obr. 1, kde vztahová značka 14 označuje mechanickou soustavu křidélek a vztahová značka 5 označuje servomotor. V tomto obrázku je krouticí moment, který se vyskytuje na řídicím prvku jako důsledek síly vyvozené pilotem, označen písmenem M . Úhlová poloha řídicího kola, která je v podstatě úměrná úhlové poloze řídicí plochy, je zde znázorněna signálem δ_θ zpětné vazby a úhlová rychlost řídicího kola je znázorněna symbolem $\dot{\delta}_\theta$. J označuje moment setrvačnosti celkové mechanické soustavy 14 křidélek přenášený na řídicí kolo. Mechanická soustava 14 křidélek je na obr. 2 znázorněna regulační soustavou druhého

řádu, s tuhostí pružiny K_{YL} a tlumením D_{YL} , kde tuhost pružiny K_{YL} a tlumení D_{YL} se vztahují na kroutící moment hřídele řídicí plochy a obě hodnoty odpovídají řídicímu kolu. Úhlové zrychlení řídicího kola je označeno jako $\ddot{\delta}_\theta$.

Servomotor 5 má zesílení K_S a konstantu elektromotorické síly K_E , která je úměrná úhlové rychlosti $\dot{\delta}_\theta$. Pro eliminování účinku protisměrné elektromotorické síly servomotoru a pro kompenzování změn odporu motoru, způsobených například změnami teploty, se normálně používá motor řízený změnou proudu. Soustava křidélek se servoasistencí má také zesílení K_M , K_L a K_D s uzavřenou smyčkou, kde K_M znázorňuje zesílení signálu M kroutícího momentu, K_L znázorňuje zesílení signálu δ_θ zpětné vazby a K_D znázorňuje zesílení signálu $\dot{\delta}_\theta$ úhlové rychlosti. Tyto hodnoty zesílení s uzavřenou smyčkou se vypočítají předem z požadovaných hodnot tuhosti pružiny k_f , vlastního kmitočtu ω_0 a relativního tlumení z celkové soustavy křidélek se servoasistencí, měřené na řídicí kolo, kde:

$$k_f = \frac{K_L K_S + K_{YL}}{K_M K_S + 1}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K_L K_S + K_{YL}}{J}}$$

$$z = \frac{K_S (K_E + K_D) + D_{YL}}{2\sqrt{(K_L K_S + K_{YL}) J}}$$

Z těchto rovnic se získají zesílení \underline{K}_M , \underline{K}_L a \underline{K}_D s uzavřenou smyčkou jako:

$$\underline{K}_L = \frac{J \omega_0^2 - K_{YL}}{K_S}$$

$$\underline{K}_M = \frac{K_L}{K_f} + \frac{1}{K_S} \left(\frac{K_{YL}}{k_f} - 1 \right)$$

$$\underline{K}_D = \frac{2 z J \omega_0 - K_E K_S - D_{YL}}{K_S}$$

Řídicí signál \underline{u} k servomotoru je tak popsán rovnicí:

$$u = K_M M - (K_L \delta_\omega + (K_D + K_E) \dot{\delta}_\omega + \delta_{\omega_trim})$$

přičemž signál δ_{ω_trim} bude podrobněji popsán dále.

Aby bylo možno přistoupit k jednoduchému popisu této soustavy, předpokládá se, že mechanická soustava 14 křidélek může být považována za lineární regulační soustavu druhého řádu. Mechanická soustava 14 křidélek je ve skutečnosti značně složitější. Zejména jsou zde značné tření a vůle, které společně s pružností lanek 2 řídicích ploch přispívá ke vzniku místních rezonancí s místními kmitočty. Tyto vlastnosti omezují rozsah volného výběru zesílení \underline{K}_M , \underline{K}_L a \underline{K}_D s uzavřenou smyčkou, a tedy také dynamických vlastností, což je volný výběr \underline{k}_f , $\underline{\omega}_0$ a \underline{z} .

Další signály M , δ_θ a $\dot{\delta}_\theta$, které vytvářejí vstupní signály k mechanické soustavě 14 křidélek prostřednictvím servomotoru 5, by měly být filtrovány tak, aby jejich kmitočtový interval a amplituda byly takové, aby platilo přiblížení mechanické soustavy 14 křidélek lineární regulační soustavě druhého řádu. Aby se toho dosáhlo, byly všechny tyto vstupní signály M , δ_θ a $\dot{\delta}_\theta$ filtrovány s dolní propustí (low-pass). V jednom případě, mezní kmitočet filtru, který filtruje signál δ_θ úhlové polohy řídicího kola a signál $\dot{\delta}_\theta$ úhlové rychlosti řídicího kola, je 50 Hz, zatímco mezní kmitočet filtru, který filtruje signál kroutícího momentu, je 15 Hz. Z důvodů pevnosti se doporučuje filtrovat signál M kroutícího momentu filtrem určeným, při vysokých hodnotách signálu kroutícího momentu, k vytváření výstupního signálu, který se snižuje při zvyšování signálu kroutícího momentu. Také se doporučuje filtrovat signál M kroutícího momentu filtrem s pásmem necitlivosti, v němž signál kroutícího momentu se blíží nule, pro vytvoření prahové hodnoty, která musí být překonána dříve, než se projeví účinek servomotoru 5. Také je výhodné filtrovat signál kroutícího momentu filtrem s fázovým předstihem. V jednom příkladu je amplituda signálu $\dot{\delta}_\theta$ úhlové rychlosti řídicího kola omezena při velkých úhlových rychlostech omezovačem.

Servomotor 5 pracuje více méně lineárně. Maximálního kroutícího momentu se dosáhne, když je úhlová rychlost nula a kroutící moment klesá lineárně se stoupajícími otáčkami.

Křídélka 1 na většině letadel s čistě mechanickými řídicími soustavami mají tak zvané vyvažovací klapky, jejichž poloha se nastavuje pomocí tak zvaných vyvažovacích zdvihátek. Normálně se používá vyvažovací soustava jenom na jednom křídle, například na levém křídle, zatímco vyvažovací soustava na

druhém křídle vytváří rezervní soustavu. Vyvažovací soustava působí tak, že při vyvažování působí vyvažovací zdvihátko na úhel vyvažovací klapky, a křídélko 1 se vykývá o určitý úhel. U mechanické soustavy to znamená, že bude nastavena nulová poloha řídicího kola, to je vyvažovací poloha, kterou zaujímá řídicí kolo, když má kroutící moment, vyvozovaný pilotem 4, nulovou hodnotu.

Při vyvažování mohou nastat problémy u soustavy se servoasistencí, jestliže se neprovede žádná kompenzace pro novou nulovou polohu. Tento problém se může odstranit použitím termínu úhlového nastavení δ_{e_trim} , odpovídajícímu vyvážené nulové poloze řídicího kola, k signálu zpětné vazby úhlu řídicího kola. Termín úhlového nastavení může být vytvořen ze signálů z polohy snímačů, umístěných na vyvažovacích zdvihátkách. Musí být však vytvořena tolerance, vzhledem ke skutečnosti, že účinnost vyvažovací klapky je větší při jejím pohybu dolů z neutrální polohy do vysokého tlaku pod křídlem, než při jejím pohybu nahoru do nízkého tlaku na horní straně křídla. Jestliže je snímač polohy vyvažovacího zdvihátka uspořádán tak, že signál z tohoto snímače je pozitivní při pohybu vyvažovací klapky dolů, a je negativní při pohybu vyvažovací klapky nahoru, musí být i pro tento případ vytvořena tolerance. Také musí být vytvořena tolerance v závislosti na tom, zda se použije řádná vyvažovací soustava, rezervní vyvažovací soustava nebo jejich kombinace.

Pro odborníky v tomto oboru bude zřejmé, že tento vynález není omezen pouze na shora popsaná provedení, ale spíše sám nabízí různé modifikace v rámci vynálezecké myšlenky, definované v následujících nárocích. Může být například provedeno takové uspořádání, že je použit servo autopilot umístěný v řídicí soustavě a/nebo, že poměr mezi silou

27.08.00

- 9 -

vyvozenou na řídicí prvek a úhlem vyvážení řídicího prvku se zvyšuje při zvyšování rychlosti letadla, a naopak, proto, aby pilot získal přirozený pocit rychlosti na řídicích površích. Tato soustava se dále může samozřejmě použít u výškových kormidel a směrových kormidel.

Ing. Hakr
ING. TOMÁŠ HAKR
patentový zástupce

47212 X

PV 2427 - 00
27.05.00

- 10 -

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Uspořádání mechanické řídicí soustavy letadla, v němž řídicí plochy (1) letadla mohou být ovládány z pilotního prostoru letadla prostřednictvím řídicí soustavy pomocí alespoň jednoho řídicího prvku (3), například řídicího kola, řídicího sloupku nebo páru pedálů, provozně spojených s řídicí soustavou, v y z n a č u j í c í s e t í m, že s řídicí soustavou je také spojen servomotor (5), společně se snímači, určenými při ovládání řídicím prvkem (3) ke zjišťování krouticího momentu uplatňovaného na řídicí prvek (3) vyvozovanou silou, dále ke zjišťování úhlu vyvážení řídicího prvku a okamžité úhlové rychlosti řídicího prvku, přičemž uspořádání je dále opatřeno řídicím zařízením (9), které na základě podmínek zjištěných snímači, je určeno k řízení servomotoru (5), takže poměr mezi silou vyvozenou na řídicí prvek (3) a úhlem vyvážení řídicího prvku zaujímá požadovanou, v podstatě konstatní hodnotu.

2. Uspořádání podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že servomotorem (5) je servomotor, umístěný v řídicí soustavě a normálně určený k interaktivnímu spojení s automatickým řízením (11).

3. Uspořádání podle nároku 1 nebo 2, kde řídicí plochy (1) dále obsahují vyvažovací klapky pro vyvažování naklání a vyvažovací zdvihátka působící na ně, dále snímače spojené s těmito vyvažovacími zdvihátky, určené ke zjišťování jejich polohy, v y z n a č u j í c í s e t í m, že řídicí zařízení je určeno k úpravě vyvažovací polohy z poloh zjištěných ostatními snímači, přičemž řídicí prvek (3) je,

vzhledem k vyvažování naklání, vytvořen k zaujetí střední polohy neovlivněného řídicího prvku (3), který nepřijal žádné zesílení ze servomotoru (5).

4. Uspořádání podle nároků 1 až 3, v y z n a č u j í c í s e t í m, že řídicí zařízení obsahuje filtrační prostředky, určené, na základě podmínek zjištěných snímači, k odfiltrování místních rezonancí v mechanické řídicí soustavě.

5. Uspořádání podle nároků 1 až 4, které dále obsahuje snímače rychlosti určené ke zjišťování rychlosti letadla, v y z n a č u j í c í s e t í m, že řídicí zařízení je, na základě zjištěné rychlosti, určeno ke zvýšení poměru mezi silou vyvozovanou na řídicí prvek (3) a úhlem vyvážení řídicího prvku, při zvyšování rychlosti, a naopak.

6. Způsob regulování síly, která k dosažení požadovaného úhlu vyvážení musí být vyvozována na řídicí prvek (3) pro ovládání řídicích ploch (1) letadla, kde uvedený řídicí prvek (3) je provozně spojen s mechanickou řídicí soustavou, a obsahuje například řídicí kolo, řídicí sloupek nebo pár pedálů, v y z n a č u j í c í s e t í m, že při ovládání řídicího prvku (3) se zjišťuje krouticí moment uplatňovaný na řídicí prvek (3) pomocí vyvozované síly, společně se zjišťováním úhlu vyvážení a okamžité úhlové rychlosti řídicího prvku, přičemž servomotor (5), spojený s řídicí soustavou, na základě zjištěných podmínek, je vytvořen k řízení servomotoru (5), takže se dosáhne v podstatě konstantního poměru mezi silou vyvozovanou na řídicí prvek (3) a úhlem vyvážení řídicího prvku.

7. Způsob podle nároku 6, v y z n a č u j í c í s e t í m, že servomotor, umístěný v řídicí soustavě a normálně určený k interaktivnímu spojení s automatickým řízením (11), se používá jako servomotor (5), který je vytvořen k zesílení vstupního signálu k řídicí soustavě.

8. Způsob podle nároku 6 nebo 7, kde řídicí plochy (1) dále obsahují vyvažovací klapky pro vyvažování naklánění a vyvažovací zdvihátka působící na ně, přičemž se zjišťuje poloha těchto vyvažovacích zdvihátek, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se upravuje vyvažovací poloha, kterou má zaujmout řídicí zařízení vzhledem k vyvažování naklánění, na základě zjištěných poloh, jako střední poloha neovlivněného řídicího prvku (3), na který nebylo vyvozeno servomotorem (5) žádné zesílení vstupního signálu k řídicí soustavě.

9. Způsob podle nároků 6 až 8, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se používají filtrační prostředky, na základě zjištěných podmínek, k odfiltrování místních rezonancí v mechanické řídicí soustavě.

10. Způsob podle nároků 6 až 9, jímž se také zjišťuje rychlost letadla, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se na základě zjištěné rychlosti zvyšuje poměr mezi silou vyvozovanou na řídicí prvek (3) a úhlem vyvážení řídicího prvku, při zjištění zvýšení rychlosti, a naopak.

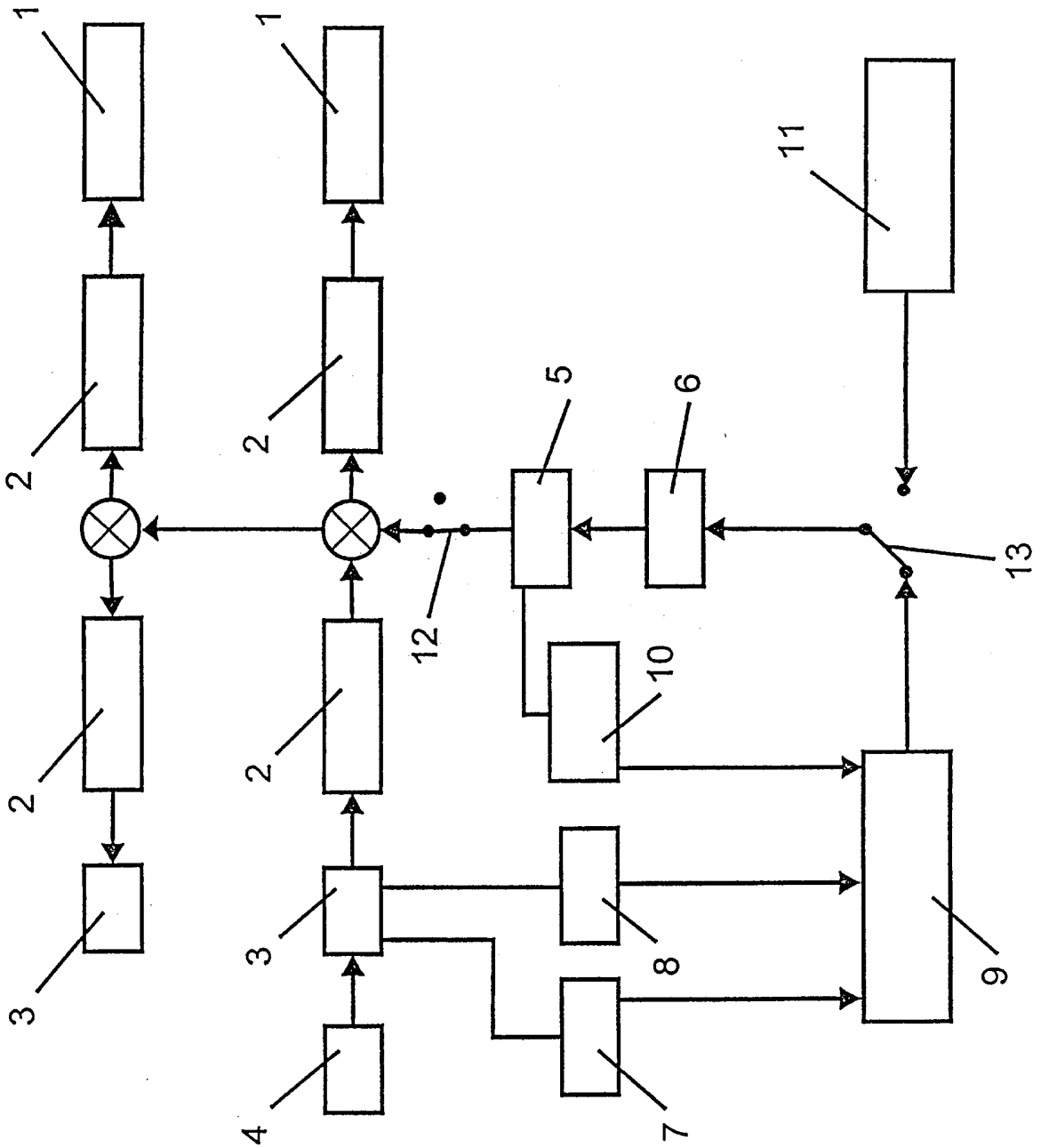
T. Hakr
ING. TOMÁŠ HAKR
patentový zástupce

47212*)

27.08.00

PV. 2427-00

1/2



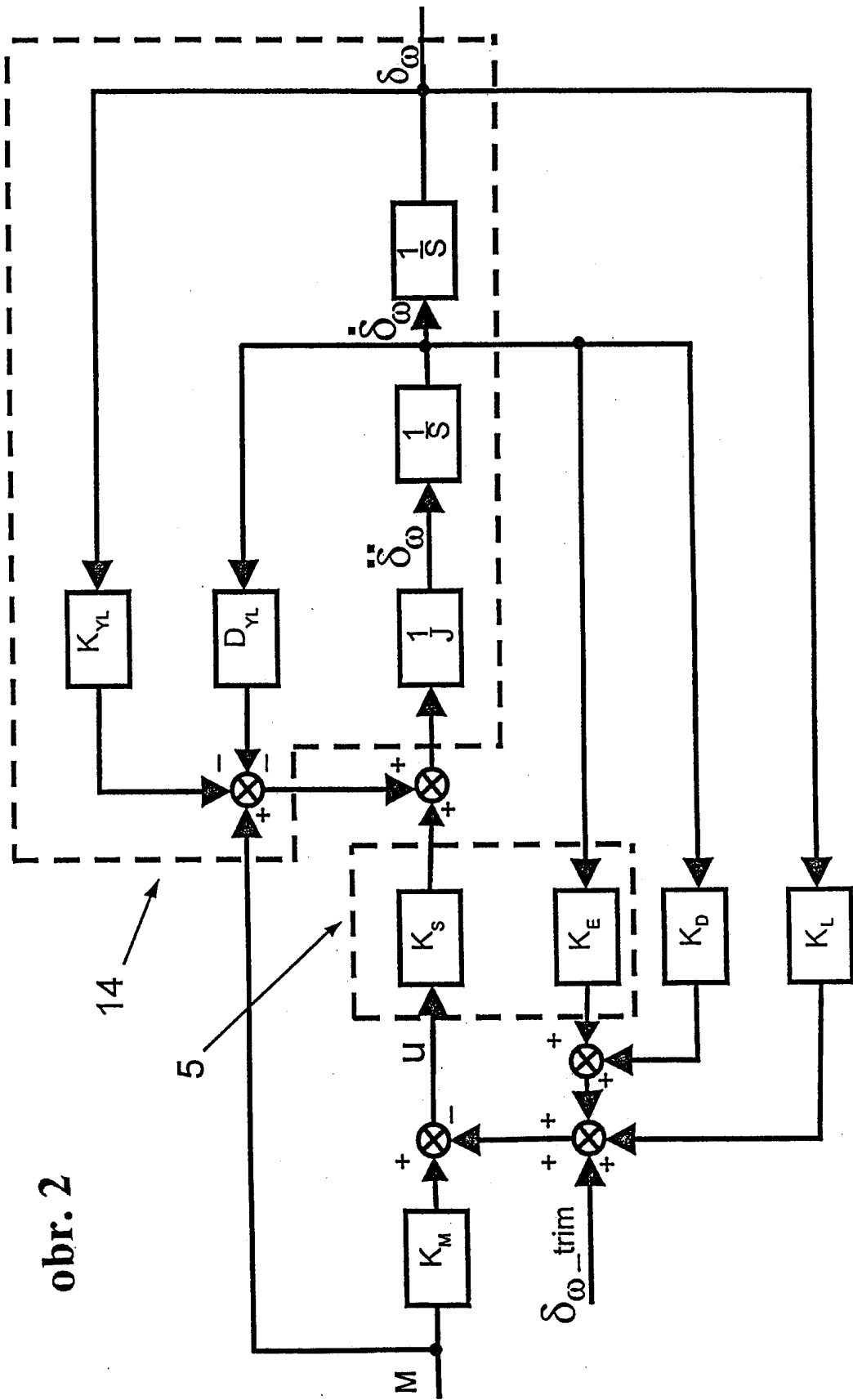
obr. 1

47212 x)

27.08.00

PV 2427-00

2/2



obr. 2