

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

55226

Patent dodatkowy
do patentu _____

Kl. 62c, 27/03

Zgłoszono: 08. III. 1966 (P 113 380)

Pierwszeństwo: 11. III. 1965 Czechosłowacja

MKP ~~B 64 f~~

Opublikowano: 25. IV. 1968

UKD

B64d, 43/02

Twórca wynalazku: Bohumil Mirtes

Właściciel patentu: Vyzkumny ustav matematických stroju, Praga (Czechosłowacja)

Symulator lotu

1

Przedmiotem wynalazku jest symulator lotu, który umożliwia określanie wysokości samolotu nad poziomem morza lub nad terenem.

W symulatorach przeznaczonych do obliczania wysokości samolotu uwzględniana jest tylko jedna wysokość, w zasadzie wysokość samolotu. Czasami brana jest pod uwagę zamiast wysokości nad poziomem morza, wysokość samolotu nad terenem o określonej wysokości położenia nad poziomem morza, z którego to terenu samolot zgodnie z założeniem startuje i na którym ląduje.

W znanych urządzeniach wykorzystywany jest do takiego obliczania serwomechanizm prędkości, który podczas przebiegu obliczeniowego jest sterowany przez napięcie proporcjonalne do pionowej prędkości samolotu.

Przed rozpoczęciem przebiegu obliczeniowego zostaje nastawiony wał wyjściowy serwomechanizmu, którego kąt obrotu podaje wysokość samolotu, w położenie odpowiadające wysokości zerowej. Z wałem wyjściowym jest połączone urządzenie łącznikowe, którego położenie, na przykład otwarte zestyki, wskazują obrót wału odpowiadający dodatnim wartościom obliczanych wysokości. Moment przyziemienia określony jest wówczas przez moment, w którym zmienia się położenie zestyku przy utracie wysokości przez samolot.

W innych znanych typach symulatorów podaje się bezpośrednio wysokość terenu na układ łącznikowy albo w innym przypadku realizuje się okre-

2

ślenie momentu przyziemienia za pomocą łącznika sprzęgniętego z układem różnicowym, do którego doprowadzone zostają równocześnie obie dane, np. wysokość samolotu nad poziomem morza oraz wy-

sokość nad poziomem morza miejsca lądowania. 5
Znane są także urządzenia, które wykonują podane operacje na drodze elektronicznej (np. według patentu brytyjskiego nr 945646) i w których układ łączący zawiera elektroniczny wzmacniacz całku-

jący, a jego sygnał wyjściowy zmienia się w za- 10
leżności od różnicy dwóch sygnałów wejściowych (odpowiadających obu wysokościach).

Wada wszystkich znanych dotychczas urządzeń polega na niewielkiej dokładności określania mo- 15
mentu przyziemienia, ponieważ moment ten jest określany dotychczas na podstawie dwóch danych, których zakres zmian jest stosunkowo duży.

Celem wynalazku jest umożliwienie dowolnego nastawienia warunków początkowych zgodnie z wy- 20
sokością terenu, na którym odbywa się symulacja wznoszenia się samolotu jak również nieprzerwane modelowanie wysokości samolotu nad terenem aż do momentu przyziemienia.

Istotę wynalazku stanowi układ symulatora 25
lotu, w którym do wejścia bezpośredniej gałęzi głównej serwomechanizmu, służącego do obliczania wysokości nad poziomem morza, złożonej ze wzmacniacza i serwomotoru z wałem wyjściowym, dołączone są odłączalnie przez odpowiednie 30
oporniki źródła napięcia proporcjonalnego do pio-

nowej prędkości samolotu: prądnica tachometryczna, której wał jest sprzężony także z wałem serwowym, potencjometr wielostopniowy sprzężony także z wałem serwowym, potencjometr sprzężony z wałem, którego kąt obrotu odpowiada wysokości terenu nad poziomem morza i dyskryminator dołączony do selsyna, przy czym selsyn jest sterowany równocześnie przez obrót wału wyjściowego i przez obrót wału odpowiadającego wysokości terenu nad poziomem morza. Dołączenie obu potencjometrów do wejścia wzmacniacza odbywa się za pomocą zestyku, który połączony jest jeszcze z dalszym tak zwanym serwomechanizmem położenia (regulatorem nadążnym) do obliczania wysokości samolotu nad terenem. Serwomechanizm ten zawiera także bezpośrednią gałąź ze wzmacniaczem i serwowym, przy czym wejście tej bezpośredniej gałęzi jest połączone z jednej strony z potencjometrem sprzężonym zwrotnie z wałem wyjściowym, z drugiej zaś strony z analogicznie włączoną prądnicą tachometryczną. Wspomniany wał wyjściowy jest połączony z zestykiem obwodu wskaźnika wznoszenia się i lądowania samolotu.

Przykład układu połączeń symulatora lotu odpowiadający wynalazkowi jest przedstawiony na załączonych rysunkach. Fig. 1 przedstawia układ obu serwomechanizmów, których wały wyjściowe określają przez ich kąt obrotu wysokość samolotu nad terenem, fig. 2 przedstawia schemat obwodu do określania momentu oderwania się i przyziemienia. W dalszym opisie oznaczają:

H — wysokość samolotu nad poziomem morza

h — wysokość samolotu nad terenem

H_z — wysokość terenu

V_y — prędkość pionowa samolotu

t — czas

$$h = H - H_z \quad V_y = \frac{dh}{dt}$$

dalej znaczą:

u_1 — napięcie proporcjonalne do prędkości pionowej V_y

u_{tH} — napięcie sprzężenia zwrotnego prędkości (wysokość nad poziomem morza)

u_{th} — napięcie sprzężenia prędkościowego (wysokość nad terenem)

u_{Hz} — napięcie wejściowe odpowiadające wysokości terenu H_z

u_{OH} — napięcie zgrubnego sprzężenia zwrotnego

u_{d1} — napięcie precyzyjnego sprzężenia zwrotnego

u_{dO} — napięcie zmienne mostka selsynowego

φ_{Hz} — kąt obrotu wału odpowiadający wysokości terenu H_z

φ_{OH} — kąt obrotu wału odpowiadający wysokości samolotu H

φ_{Oh} — kąt obrotu wału odpowiadający wysokości nad terenem h

φ_k — kąt nastawienia mostka selsynowego

Serwomechanizm prędkości składa się (fig. 1) z bezpośredniej gałęzi 1 utworzonej przez wzmacniacz 1a i serwowym 1b, z przekładni kół zębatach 3 o stosunku przełożenia k_{p1} mniejszym od

jedności (stosunek kąta obrotu φ_{OH} wału wyjściowego 21 przekładni 3 do kąta obrotu wału 1b serwowym), z przekładni kół zębatach 4 o stosunku przełożenia k_{p2} także mniejszym od jedności, jak również z oporności wejściowych R_1 , R_4 i R_5 , z obwodów sprzężenia zwrotnego prędkości i sprzężenia zwrotnego położenia: zgrubnego i precyzyjnego oraz z zestyków sterujących 15, 16 i 17. Sprzężenie zwrotne prędkości jest doprowadzone do wejścia bezpośredniej gałęzi 1 przez opornik R_2 z prądnicy tachometrycznej 2, której wał 20 połączony jest z wałem 19 serwowym. Przy włączeniu na stałe sprzężenia zwrotnego prędkości zostają także włączone sprzężenia zwrotne położenia: zgrubne i precyzyjne za pomocą zestyków 16 i 17. Napięcie u_{OH} zgrubnego sprzężenia zwrotnego jest pobierane z wielostopniowego potencjometru 5, którego wał 23 jest połączony z wałem wyjściowym 21 przekładni kół zębatach 3. Napięcie to jest doprowadzone do wejścia bezpośredniej gałęzi 1 przez opornik sprzężenia zwrotnego R_3 i zestyk 16. W przypadku zamkniętego zestyku 16 zostaje doprowadzone do wejścia bezpośredniej gałęzi, razem z napięciem u_{OH} , napięcie wejściowe u_{Hz} czerpane z potencjometru 7, którego wał 26 jest obrócony o kąt φ_{Hz} odpowiadający wysokości terenu H_z . Napięcia zasilające potencjometry 5 i 7 mają stałą wielkość i odwrotną polaryzację, jak to np. widać na fig. 1 na potencjometrze 5 jest napięcie $-U$, a napięcie $+U$ znajduje się na potencjometrze 7. Napięcie u_{d1} precyzyjnego sprzężenia zwrotnego jest różniczkowane na układzie złożonym z selsyna nadawczego 6, selsyna różnicowego 7a, mostka selsynowego 8 i z dyskryminatora 9. Wał 24 selsyna 6 jest połączony z wałem 21, wał 25 selsyna 7a jest połączony z wałem 26, wał mostka 8 ma nastawiony stały kąt obrotu φ_k , zaś dyskryminator 9 zamienia zmienne napięcie wyjściowe u_{dO} mostka selsynowego 8 na proporcjonalne duże napięcie stałe u_{d1} .

Selsyn nadawczy 6 i dyskryminator 9 są zasilane stabilizowanym napięciem zmiennym U_0 z jednego źródła, np. jak na fig. 1. Napięcie u_{d1} jest doprowadzone do wejścia bezpośredniej gałęzi 1 przez opornik R_5 i zestyk 17. Do wejścia bezpośredniej gałęzi 1 może być doprowadzone przez opornik R_1 i zestyk 15 także napięcie u_1 proporcjonalne do pionowej prędkości V_y samolotu, niezależnie od napięcia u_{tH} sprzężenia zwrotnego prędkości jak również obu napięć sprzężeń zwrotnych położenia u_{OH} i u_{d1} oraz napięcia wejściowego u_{Hz} .

Serwomechanizm położenia (regulator nadążny) składa się (fig. 1) z bezpośredniej gałęzi 10 utworzonej jak w poprzednim przypadku ze wzmacniacza 10a i serwowym 10b, z przekładni kół zębatach 12 i 13 o stosunku przełożenia k_{p3} i k_{p4} mniejszym od jedności, z obwodów sprzężenia zwrotnego prędkości i położenia oraz z zestyku 18. Przez zestyk 18 może być doprowadzony do serwomechanizmu położenia sygnał wejściowy powstały na zaciskach oporników R_3 i R_4 , proporcjonalny do sumy napięć $u_{OH} - u_{Hz}$ lub wysokości lotu nad terenem $h = H - H_z$. Obwód sprzężenia zwrotnego prędko-

ści tworzy prądnicą tachometryczną 11 i oporność pozorną Z_1 . Obwód ten jest stale włączony. Wał 29 prądnicą tachometryczną 11 jest połączony z wałem 28 serwowym, natomiast przez oporność pozorną Z_1 zostaje doprowadzone napięcie wyjściowe u_{th} prądnicą tachometryczną 11 do wejścia bezpośredniej gałęzi 10. Obwód sprzężenia zwrotnego położenia jest utworzony przez potencjometr 14 i przez opornik R_6 . Obwód ten jest również stale włączony. Potencjometr 14 jest zasilany stabilizowanym napięciem o odwrotnej polaryzacji niż potencjometr 5 albo o zgodnej polaryzacji z polaryzacją potencjometru 7 (fig. 1, napięcie $+U$). Przez opornik R_6 doprowadzone jest do wejścia bezpośredniej gałęzi 10 napięcie wyjściowe z potencjometru 14. Wał 32 potencjometru 14 jest połączony z wałem wyjściowym 30 przekładni kół zębatach 12 tak, że wał 32 jest obrócony o kąt φ_{OH}/k_{p4} (φ_{OH} oznacza kąt wału wyjściowego 31 serwomechanizmu położenia, który jest proporcjonalny do wysokości h samolotu nad terenem).

Obwód do określenia momentu startu i przyziemienia samolotu składa się (fig. 2) z przełącznika z zestykiem 36 i cewką 35 oraz zestyków 33 i 34 połączonych równolegle. Zestyk 33 jest sterowany przez wał 31 a zestyk 34 przez wał wyjściowy 30 serwomechanizmu położenia. Cewka 35 otrzymuje napięcie wzbudzenia U_b z jednej strony przez zestyki 33 i 34 z drugiej strony zaś z dyskryminatora 37, którego napięcie wyjściowe (stałe) u_{d2} podobnie jak napięcie u_{d1} dyskryminatora 9 jest proporcjonalne do amplitudy napięcia wyjściowego (zmiennego) u_{d0} mostka selsynowego 8. Cewka 35 zostaje wzbudzona wówczas gdy zostanie zamknięty jeden z zestyków 33, 34 lub gdy napięcie u_{d2} będzie miało zgodną biegunowość z napięciem wzbudzenia U_b .

Urządzenie przedstawione na fig. 1 i fig. 2 działa w następujący sposób: Przed rozpoczęciem obliczenia, to znaczy przed przeprowadzeniem symulacji startu samolotu zamknięte są zestyki 16 i 17 zaś zestyki 15, 18, 33 i 34 są otwarte a nastawiona na potencjometrze 7 za pomocą wału 25 wartość napięcia u_{Hz} jest proporcjonalna do założonej wysokości lotniska, z którego startuje samolot. W wyniku działania obu sprzężeń zwrotnych serwomechanizmu prędkości zostaje samoczynnie nastawiony na wale wyjściowym 22 kąt φ_{OH} o takiej wartości, przy której spełnione zostają równości:

$$u_{d1} = 0 \quad u_{OH} = R_3/R_4 \cdot u_{Hz}$$

Zgrubne sprzężenie zwrotne zapewnia wybór właściwej wartości zerowej z kilku wartości zerowych u_{d1} , które pojawiają się w całym obszarze kąta φ_{OH} przy każdym obrocie selsyna nadawczego 6. Kompensację serwomechanizmu uzyskuje się z korekcją kąta φ_k wału 27 tak, aby wysokość nad poziomem morza, określona przez kąt φ_{OH} równa była dokładnie wysokości lotniska, określonej przez kąt φ_{Hz} . Serwomechanizm położenia nastawia przed rozpoczęciem obliczenia, na wale wyjściowym 31 kąt φ_{oh} , który odpowiada wyjściowemu napięciu zerowemu lub zerowej wartości h i zerowej wartości napięcia u_{oh} . Sprzężenia zwrotne prędkości wywierają w obu przypadkach tylko pomocnicze oddziaływanie stabilizacyjne,

które dla opisanej istoty funkcji obu serwomechanizmów jest bez znaczenia. Cewka 35 jest wzbudzona przed startem samolotu, ponieważ przy $u_{d1} = 0$ także $u_{d2} = 0$ a zestyki 33 i 34 zostają zamykane jedynie przy wartości φ_{OH} , która przekracza wartość kąta φ_{oh} przy odpowiedniej wartości $h = 0$.

Start samolotu następuje w momencie rozwarcia zestyków 16 i 17 oraz zamknięcia zestyków 15 i 18. Od tego momentu serwomechanizm prędkości ma prędkość proporcjonalną do odpowiedniego napięcia u_1 , tak, że spełniona jest równość $u_{tH} = R_2 u_1/R_1$ a kąt φ_{OH} ma wartość proporcjonalną do całki z napięcia u_1 . Jak długo φ_{OH} nie przekracza wartości $H = H_z$, napięcie u_1 może otrzymywać polaryzację odpowiadającą wzrastającej wartości H . Serwomechanizm położenia nastawia w sposób ciągły napięcie u_{oh} na potencjometrze 14 po zamknięciu zestyku 18 zgodnie z równaniem $u_{oh} = -R_6/R_3 \cdot u_{OH} - R_4/R_3 \cdot u_{Hz}$ co zapewnia nastawienie kąta φ_{oh} zgodnie z równaniem $h = H - H_z$.

Jeżeli wysokość nad poziomem morza H przekracza wartość H_z i kąt φ_{OH} , który odpowiada wysokości h , o niewielką wartość dodatnią, wówczas rośnie napięcie u_{d2} do wartości przy której cewka 35 zostaje wzbudzona i przełączony zestyk 36 co przedstawia wzniesienie się samolotu. Przy dalszym wzroście h włączony zostaje zestyk 34 i następnie zestyk 33 co zapewnia wzbudzenie cewki 35 w całym zakresie $h = 0$. Po wzbudzeniu cewki 35 napięcie u_1 może przyjmować wartości w obu polaryzacjach, samolot zaś może się wznosić lub opadać.

Podczas symulacji lotu samolotu serwomechanizm prędkości całkuje napięcie o dowolnej polaryzacji, przy czym serwomechanizm położenia rozwiązuje równanie $h = H - H_z$ a cewka 35 pozostaje w stanie wzbudzenia. To samo dotyczy także przedziału symulacji przy manewrze lądowania, z tą jednak różnicą, że bezpośrednio po uzyskaniu wysokości $h = 0$, to znaczy przed przyziemieniem samolotu, zestyki 33 i 34 zostają rozwarne, a w momencie uzyskania wysokości $H = H_z$ i $h = 0$, skoro tylko napięcie u_{d2} spadnie do wartości zbliżającej się do zera cewka pozbawiona zostaje wzbudzenia. W ten sposób zostaje podany impuls w celu rozgraniczenia zakresu napięcia u_1 na polaryzację odpowiadającą wzrostowi wysokości H i h .

Przebieg symulacji zostaje zakończony przez rozwarcie zestyku 15 i 18 i przez zamknięcie zestyków 16 i 17 co odpowiada stanowi poprzedzającemu start samolotu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Symulator lotu do obliczania wysokości samolotu za pomocą serwomechanizmu, na podstawie napięcia elektrycznego proporcjonalnego do pionowej prędkości i do zależnego od wysokości terenu kąta obrotu wału, **znamienny tym**, że do wejścia bezpośredniej gałęzi (1) złożonej ze wzmacniacza (1a) i serwowymotoru

- (1b) dołączone jest odłączalnie przez opornik wejściowy (R_1) źródło napięcia (u_1) proporcjonalnego do pionowej prędkości (V_y) samolotu, zaś przez opornik wejściowy (R_2) dołączona jest odłączalnie prądnica tachometryczna (2), której wał (20) jest sprzężony z wałem (19) serwowatoru (1b), natomiast przez opornik wejściowy (R_3) dołączony jest odłączalnie wielostopniowy potencjometr (5) sprzężony zwrotnie z wałem wyjściowym (22) za pomocą skrzynki przekładniowej (4) oraz z wałem (19) serwowatoru (1b) za pomocą przekładni kół zębatach (3), następnie przez opornik wejściowy (R_4) dołączony jest odłączalnie potencjometr (7) połączony z wałem (25), którego kąt obrotu (φ_{Hz}) odpowiada wysokości terenu nad poziomem morza i przez opornik wejściowy (R_5) dołączony jest odłączalnie dyskryminator (9), który dołączony jest przez mostek selsynowy (8) do selsyna różnicowego (7a), przy czym selsyn ten jest sterowany z jednej strony przez selsyn nadawczy (6) ze sprzężeniem zwrotnym z wału (22), a z drugiej strony przez wał (25), którego kąt obrotu (φ_{Hz}) odpowiada wysokości (H_z) terenu nad poziomem morza.
2. Symulator według zastrz. 1, **znamienny tym**, że potencjometry (5 i 7) dołączone są do wejścia wzmacniacza (1a) przez opornik (R_3 i R_4) za pomocą zestyku (16) zgrubnego sprzężenia zwrotnego.
 3. Symulator według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że do włączania dyskryminatora (9) sterowanego przez mechanizm selsynowy (6, 7, 8) służy zestyk (17) sprzężenia zwrotnego precyzyjnego.

- 5 4. Symulator według zastrz. 2 lub 3, **znamienny tym**, że do zestyku (16) zgrubnego sprzężenia zwrotnego dołączony jest odłączalnie serwomechanizm położenia do obliczania wysokości (h) samolotu nad terenem, przy czym serwomechanizm ten zawiera złożoną ze wzmacniacza (10a) i serwowatoru (10b) gałąź (10), do której wejścia jest dołączony z jednej strony przez opornik (R_6) potencjometr (14) sprzężony zwrotnie z wałem wyjściowym (30) serwomechanizmu położenia z drugiej zaś strony dołączona jest przez oporność pozorną (Z_1) sprzężenia zwrotnego prędkości prądnica tachometryczna (11), której wał (29) jest sprzężony zwrotnie z wałem (28) serwowatoru (10b) a przez to także przez przekładnię (12 i 13) i przez wał (30) z wałem wyjściowym serwomechanizmu położenia.
- 10 15 20 25 30 35 7. Symulator, według zastrz. 4, **znamienny tym**, że wał wyjściowy serwomechanizmu położenia połączony jest z zestykiem (36) wskaźnika wznoszenia się i lądowania w celu określenia momentu oderwania się i przyziemienia samolotu.
6. Symulator, według zastrz. 5, **znamienny tym**, że równolegle do zestyku (33) obwodu wzbudzenia cewki (35) dołączony jest zestyk (34), który jest połączony z wałem (30) serwomechanizmu położenia.
7. Symulator, według zastrz. 5 lub 6, **znamienny tym**, że do obwodu wzbudzenia cewki (35) dołączone jest źródło napięcia (u_{d2}) z mostka selsynowego (8) przez dyskryminator (37), który zmienia napięcie zmienne na napięcie stałe.

