

Krzysztof KAŻMIERCZAK
Zdzisław ROCHAŁA
Wiesław SOBIERAJ
Wojskowa Akademia Techniczna

RODZAJE INTERFEJSÓW ZASTOSOWANYCH W SYMULATORZE KABINY SAMOŁOTU PASAŻERSKIEGO

Systemy awioniczne kolejnych generacji samolotów pasażerskich są wynikiem burzliwego rozwoju mikroelektroniki i techniki mikroprocesorowej. Postęp w tych dziedzinach umożliwił projektowanie kabin samolotów w technologii „Glass Cockpit”, z wykorzystaniem panelowych wskaźników obrazowych oraz paneli sterujących z czujnikami stykowymi obsługiwanymi przez mikrokontrolery. Rozwojowi systemów awionicznych towarzyszy ciągle doskonalenie sposobu szkolenia pilotów i inżynierów awioników. Aby łatwiej przyswoić wiedzę na temat budowy i działania nowoczesnych, cyfrowych systemów awionicznych, a w szczególności funkcjonowania wskaźników obrazowych, służących do wizualizacji parametrów pilotażowo-nawigacyjnych, oraz różnorodnych pulpitów sterujących zabudowanych w kokpicie, w Wojskowej Akademii Technicznej zbudowano dydaktyczny symulator kabiny samolotu pasażerskiego. W referacie zostaną przedstawione zastosowane w symulatorze różne formy interfejsów graficznych i sprzętowych, pozwalające na sterowanie systemami pokładowymi, przeprowadzenie wybranych procedur wykonywanych podczas przygotowania do lotu, a także na wykonanie wirtualnego lotu.

Wstęp

Obserwowany w ostatnich latach postęp techniczny, związany w szczególności z rozwojem mikroelektroniki, doprowadził do sytuacji, w której każde zaawansowane urządzenie techniczne wyposażone jest w nowoczesne układy elektroniczne. Trend ten nie ominął lotnictwa. Największe zmiany są zauważalne w sposobie funkcjonowania współczesnych systemów awionicznych i współpracy z załogą statku powietrznego. Wprowadzenie komputerowych systemów zobrazowania informacji oraz komputerów zarządzania lotem współpracujących z cyfrowym pilotem automatycznym dokonało diametralnego przekształcenia relacji zachodzących pomiędzy pilotem a statkiem powietrznym. Pierwszy i drugi pilot współczesnego samolotu pasażerskiego pełnią rolę operatorów, a ich wiedza dotyczy głównie znajomości sposobu funkcjonowania urządzeń

wyposażenia pokładowego i umiejętnego ich wykorzystania. Równie ważne jest przekazanie pilotom wiedzy o dostępnych urządzeniach pokładowych i pulpitach kontroli poszczególnych elementów wyposażenia awionicznego samolotu, dlatego też proces kształcenia personelu pokładowego jest ciągle zmieniany.

Dodatkowo bardzo wysokie koszty eksploatacji współczesnych statków powietrznych spowodowały, że podstawowymi urządzeniami w procesie szkolenia są symulatory lotnicze. Rozwiązanie takie ułatwia zdobywanie wiedzy związanej ze współczesną techniką lotniczą oraz umożliwia jej weryfikację z rzeczywistością. Symulatory są konstruowane w taki sposób, by wyglądem i funkcjonalnością możliwie jak najdokładniej odwzorowywały kabiny rzeczywistych statków powietrznych. Chociaż są one budowane w postaci stanowisk naziemnych, umożliwiają zapoznanie się z wyposażeniem kabiny i systemami pokładowymi. Dodatkowo najczęściej zapewniają odtworzenie warunków lotu i odwzorowanie dynamiki statku powietrznego w powietrzu.

1. Interfejs komunikacyjny samolotów pasażerskich

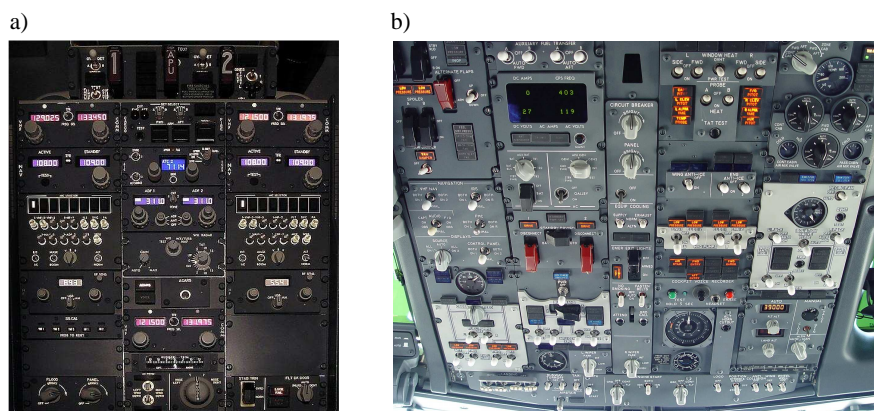
Systemy awioniczne współczesnych samolotów pasażerskich łączą w sobie systemy sterowania i zarządzania lotem, są silnie związane z systemami pomiarowymi i nawigacyjnymi. Każdy zbiór urządzeń wchodzących w skład wymienionych systemów generuje ogromne liczby danych, których załoga statku powietrznego z powodu nadmiaru informacji nie jest w stanie zinterpretować. Dlatego też do ważnych zadań systemu awionicznego należy filtrowanie poszczególnych informacji i przedstawianie ich zgodnie z przyjętym kryterium w postaci czytelnej dla pilota. Natomiast konieczność sterowania tymi systemami wymaga konstruowania paneli sterujących w taki sposób, by operowanie nimi było proste, płynne i ograniczone tylko do zadawania stanów przewidzianych przez operatora.

W kokpicie współczesnego samolotu ma się więc do czynienia z ciągłą wymianą informacji pomiędzy człowiekiem a komputerami pokładowymi. Każda zmiana parametru wprowadzana w trakcie lotu przez pilota jest realizowana za pomocą odpowiedniego manipulatora pełniącego rolę urządzenia wejściowego komputera pokładowego. Do zobrazowania informacji (poinformowania operatora o zaistniałych zmianach) komputer pokładowy używa różnorodnych elementów sygnalizacyjnych. Relacje zapewniające prawidłową współpracę różnych urządzeń elektronicznych lub optycznych, których bezpośrednio nie da się połączyć, uzyskiwane są poprzez odpowiedni interfejs. Ponieważ przedmiotem rozważań jest występująca w kokpicie samolotu wymiana informacji, która zachodzi pomiędzy człowiekiem a komputerem pokładowym, to ten rodzaj interfejsu można nazwać interfejsem komunikacyjnym. Interfejs komunikacyjny tworzy zespół urządzeń wejścia-wyjścia komputerów pokładowych stosowanych do współpracy pilota-operatora z systemem awionicznym. Biorąc pod

uwagę sposób interakcji pomiędzy użytkownikiem a docelowym urządzeniem, interfejsy komunikacyjne dzieli się na interfejsy sprzętowe i graficzne. Odpowiednio zaprojektowany zespół interfejsów komunikacyjnych umożliwia prawidłowe i bezpieczne sterowanie samolotem, zapewniając jednocześnie odpowiedni komfort obsługi.

Interfejs sprzętowy

Sprzętowymi interfejsami komunikacyjnymi nazywane są różnorodne elementy manipulacyjne służące zadawaniu stanów poszczególnym urządzeniom. Są one podstawowym wyposażeniem kokpitu statku powietrznego (rys. 1.). Do tej grupy elementów zalicza się: wyłączniki, przełączniki, przyciski, pokręta, klawiatury itp.



Rys. 1. Przykłady interfejsu sprzętowego: a) elementy manipulacyjne na panelach tylnej części radia, b) przełączniki stosowane na panelach sufitowych

Najpowszechniej używanym manipulatorem na pokładzie statku powietrznego jest przełącznik. Przełączniki można znaleźć praktycznie na każdym pulpicie. Służą przede wszystkim do uruchamiania bądź wyłączania wybranych urządzeń i systemów. Przełącznik jest mechanicznym urządzeniem używanym do włączania i wyłączania obwodu elektrycznego. Mechanizm znajdujący się w środku przełącznika złącza bądź rozłącza ze sobą właściwe wyprowadzenia. Podobnie działają przełączniki obrotowe używane do sterowania wieloma urządzeniami naprzemiennie za pomocą jednego sygnału wejściowego. Przełącznik obrotowy używany jest do przełączania trybów pracy urządzeń. Stosowany jest np. do zmiany zakresów pracy wskaźników obrazowych lub wyboru odpowiedniego dla danej fazy lotu formatu zobrazowania informacji.

Innymi często stosowanymi elementami manipulacyjnymi są potencjometry i impulsatory. Typowym zastosowaniem potencjometru pełniącego rolę dzielni-

ka napięcia jest regulacja prądu lub napięcia w urządzeniach elektrycznych. W kabinie statku powietrznego potencjometry są używane głównie do regulacji oświetlenia oraz podświetlenia pulpitów. Natomiast impulsatory, nazywane enkoderami obrotowymi, zastępują potencjometry w aplikacjach wymagających skokowej zmiany wartości napięcia. Charakterystyczną cechą tych urządzeń jest stała, niezmienna ilość impulsów na wyjściu. Impulsatory używa się do ustawiania wartości wysokości, prędkości, częstotliwości radiolatarni itp.

Ważną grupę elementów wykorzystywanych do budowy interfejsu sprzętowego stanowią mikroprzyciski zwane mikroswitchami lub przyciskami zwiertnymi. Elementy te służą do chwilowego zamykania obwodu elektrycznego. W kokpicie mikroprzyciski stanowią podstawę różnorodnych klawiatur i są stosowane do uruchamiania wybranych trybów pracy poszczególnych urządzeń. Mikroswitche można znaleźć na pulpicie autopilota, pulpitych sekcji radia oraz w wielofunkcyjnych modułach MCDU (ang. *Multifunction Control Display Unit*), pełniących rolę urządzeń wejścia/wyjścia komputera zarządzania lotem.

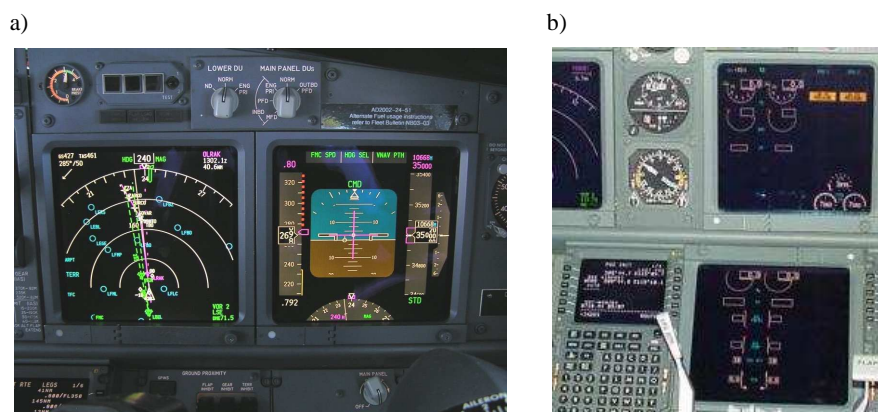
Interfejs graficzny

Graficznymi interfejsami komunikacyjnymi określa się te elementy kokpitu, które służą do sygnalizacji różnorodnych zdarzeń świetlnych, zobrazowania komunikatów w postaci tekstowej oraz wyświetlania informacji w zaawansowanej postaci graficznej. Do tego typu urządzeń zalicza się żarówki, diody i wyświetlacze siedmiosegmentowe LED oraz ciekłokrystaliczne wyświetlacze tekstowe i graficzne. Nowym trendem w lotnictwie jest zastępowanie dotychczasowych prostych metod zobrazowania informacji zaawansowanymi wizualizacjami na wskaźnikach graficznych.

Jednak najdłużej stosowanymi elementami sygnalizacyjnymi są żarówki. Stosuje się je do podświetlania tabliczek sygnalizujących wybraną opcję określającą stan poszczególnych systemów pokładowych. We współczesnych kokpitach wymienione zadania realizują diody LED, żarówki zaś są stosowane głównie do podświetlania pulpitów i znajdujących się w przedziałach dla pasażerów napisów i znaków wskazujących wyjścia awaryjne. Małe wymiary, budowa odporna na udary, niski pobór mocy to niektóre z zalet, które pozwoliły na zastąpienie żarówek diodami LED. Na pokładzie samolotu stosuje się diody o standardowych kształtach (okrągłe, prostokątne) i wymiarach (3 mm, 5 mm). Bardzo duże zastosowanie mają diody dwukolorowe sterowane napięciem. Najczęściej są one montowane pod kontrolkami sygnalizującymi stan poszczególnych systemów.

Diody LED stanowią również podstawę wyświetlaczy siedmiosegmentowych, wykorzystywanych do zobrazowania informacji w postaci cyfrowej. Zastosowane na pokładzie wyświetlacze siedmiosegmentowe pełnią rolę informacyjną. Wyświetlają wartości wprowadzonych przez pilota parametrów lub prezentują ich bieżące wartości. Szczególnie zauważalne są wskazania na pulpicie autopilota – wysokość, prędkość, kurs, oraz na panelu radia – częstotliwość.

W kokpitach nowoczesnych statków powietrznych podobną rolę pełnią wyświetlacze ciekłokrystaliczne. Wyświetlanie informacji tekstowych na wielu pulpitych panelu sufitowego oraz na panelu centralnym na ekranach pulpity komunikacji z komputerem zarządzania lotem MCDU oparte jest na matrycach pasywnych. Wyświetlacze ciekłokrystaliczne z matrycami aktywnymi stanowią natomiast podstawę tzw. szklanej kabiny. Zespół wskaźników obrazowych tworzących „Glass Cockpit” składa się z sześciu monitorów prezentujących trzy rodzaje obrazów odpowiednio ze sobą powiązanych.



Rys. 2. Przykłady interfejsu graficznego: a) obraz generowany na wskaźnikach PFD i ND, b) obraz generowany na wskaźnikach EICAS i modułach MCDU

Wielofunkcyjny wskaźnik położenia przestrzennego PFD (ang. *Primary Flight Display*) generuje podstawowe informacje pilotażowe (rys. 2a). W kokpicie zamontowane są dwa takie wyświetlacze – po lewej i po prawej stronie panelu centralnego odpowiednio dla kapitana i drugiego pilota. Obecnie wskaźnik ten zastępuje wiele najważniejszych urządzeń pilotażowych, montowanych w kokpitach do czasu wprowadzenia systemu zobrazowania informacji EFIS (ang. *Electronic Flight Instrument System*). Na ekranie można z łatwością zlokalizować cyfrowe odpowiedniki wskaźnika prędkości przyrządowej, wysokościomierza, wariometru i sztucznego horyzontu. Informacje nawigacyjne prezentowane są na wskaźniku sytuacji horyzontalnej ND (ang. *Navigation Display*). Każdy z pilotów ma przed sobą oddzielny ekran generujący ten sam obraz. Na ekranie zobrazowana jest przede wszystkim mapa z różą kompasu. W jej środku znajduje się symbol samolotu przedstawiający bieżącą pozycję statku powietrznego.

Proces pilotowania samolotu, oprócz dokładnej wiedzy na temat informacji nawigacyjnej, tzn. gdzie w danym momencie w przestrzeni znajduje się statek powietrzny, wymaga również rozległej i precyzyjnej wiedzy dotyczącej stanu

samolotu, prawidłowości pracy jego urządzeń pokładowych oraz informacji bądź przesłanek związanych z powstawaniem ewentualnych awarii. Funkcje te pełni system monitorowania pracy zespołu napędowego i powiadamiania załogi EICAS (ang. *Engine Indicating & Crew Alerting System*). Wskaźnik obrazowy systemu EICAS prezentuje skondensowaną informację na temat pracy zespołu napędowego (rys. 2b).

2. Symulator kabiny samolotu pasażerskiego

Budowany w Zakładzie Awioniki i Uzbrojenia Lotniczego symulator kabiny samolotu pasażerskiego, wzorowany na kabinie samolotu Boeing 737 NG, jest rezultatem prac dyplomowych [1, 4] i badawczych [3] prowadzonych w Wojskowej Akademii Technicznej. Podstawę konstrukcji kokpitu samolotu Boeing 737 NG stanowi replika kabiny wykonana przez producenta podzespołów do samodzielnej budowy kokpitów PPHU POLDRAGONET. Konstrukcja kabiny składa się z podstawy, panelu centralnego z szafkami pod monitory, panelu sufitowego i stojaka sekcji radia [2]. Wszystkie pulpity wykonane zostały w skali 1:1 i mają taki sam wygląd zewnętrzny, łącznie z wygrawerowanymi inskrypcjami na płytach czołowych. Zmontowane elementy panelu centralnego stworzyły wierną imitację kabiny samolotu Boeing 737 NG.

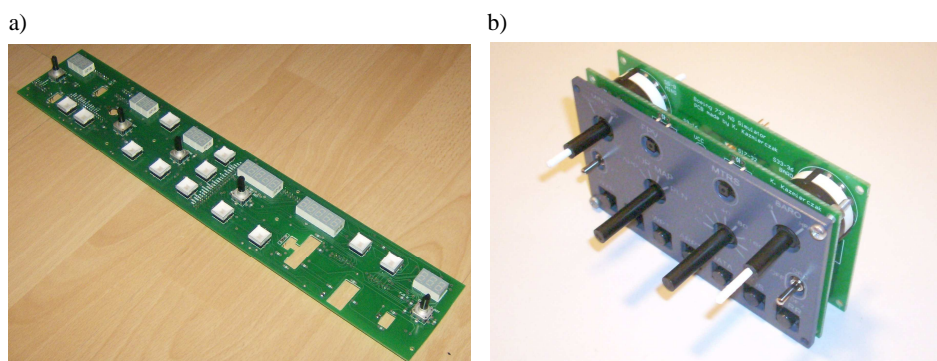
Ze względu na wysoki stopień zaawansowania technologicznego realizowanego projektu proces budowy stanowiska laboratoryjnego został podzielony na dwa etapy: wykonanie części sprzętowej i oprogramowania oraz sprzęgnięcie zastosowanych rozwiązań.

Najważniejszym etapem budowy symulatora było wykonanie wybranych pulpitów sterujących i implementacja interfejsów do ich obsługi. Ze względu na zastosowania systemu zobrazowania informacji na wyświetlaczach LCD pierwszymi zespołami interfejsu komunikacyjnego były dwa pulpity EFIS i pulpit kontroli pracy pilota automatycznego MCP. Korzystając z dokumentacji firmowej dla poszczególnych paneli, opracowano schematy elektryczne oraz płytki drukowane pulpitów (rys. 3.).

Zaprojektowany pulpit kontroli pracy pilota automatycznego (rys. 3a) umożliwia całkowitą kontrolę nad samolotem w każdej fazie lotu. Komplet zamontowanych podświetlanych przełączników pozwala wybrać sposób działania systemu automatycznego zarządzania lotem. Za pomocą tego systemu ustawia się zadane wartości prędkości, wysokości, prędkości pionowej, kursu magnetycznego i kursu kąтового radiolatarni oraz dokonuje wyboru trybu pracy, który doprowadzi do osiągnięcia tych parametrów. Panel MCP pozwala na aktywację dwóch najważniejszych trybów sterowania samolotem. Są to tryb lotu dyrektywnego oraz tryb lotu automatycznego związany z funkcją automatycznego ciągu. Przesłanie położenia odpowiednich przełączników powoduje, że sys-

tem automatycznego zarządzania lotem pokazuje, w jaki sposób sterować statkiem, bądź sam przejmuje kontrolę nad ustawieniem powierzchni sterowych.

Pulpity EFIS (rys. 3b) są częścią systemu zobrazowania informacji samolotu Boeing 737 NG. Każdy z nich jest skorelowany z parą wyświetlaczy przewidzianą dla pilota lub pierwszego oficera. W symulatorze odpowiadają one za obsługę odpowiadających im wskaźników. Zasadniczą ich funkcją jest zarządzanie formatem prezentowanej informacji na wielofunkcyjnym wskaźniku zobrazowania sytuacji horyzontalnej ND. Za ich pomocą dokonuje się zmiany skali radaru i zmiany trybu pracy wskaźnika. W zależności od etapu lotu można wyświetlać informację nawigacyjną radiolatarni VOR, localizer i ścieżkę zniżania bądź też trasę przelotu wygenerowaną przez komputer zarządzania lotem FMC. Dodatkowo z poziomu pulpitu EFIS istnieje możliwość ustawienia wysokości barometrycznej oraz wyświetlenia wskazań wysokości [m].



Rys. 3. Wykonane interfejsy sprzętowe: a) płyta główna pulpitu MCP, b) widok pulpitu EFIS

W skład struktury informatycznej symulatora wchodzi 4 komputery klasy PC. Komputerem bazowym jest stacja robocza o największych możliwościach obliczeniowych. Jej zadaniem jest obsługa głównego programu symulującego dynamikę samolotu, jego otoczenie i krajobraz. Pozostałe 3 komputery pełnią rolę klientów podłączonych do serwera za pomocą przełącznika. Ich zadaniem jest tworzenie obrazów prezentowanych na 6-ciu matrycach ciekłokrystalicznych, tworzących pokładowy system zobrazowania informacji EFIS. Wykorzystane matryce są ekranami powszechnie stosowanymi w laptopach.

Ważnym etapem realizacji projektu było zaimplementowanie niezbędnego oprogramowania. Głównym programem odpowiadającym za wizualizację samolotu i jego otoczenia oraz symulację dynamiki ruchu i działania podstawowych systemów pokładowych został „Flight Simulator 2004”. Dodatkową jego cechą okazała się możliwość zastosowania specjalnego modułu software’owego tworzącego dodatkowe środowisko wirtualnego lotu, w które można ingerować. Za jego pomocą można wydobyć z pamięci komputera w trakcie pracy programu

informacje o bieżących parametrach lotu (np. wysokości, prędkości, położeniu geograficznym, kątach orientacji przestrzennej, stanie technicznym systemów pokładowych). Uzyskiwane w ten sposób dane o parametrach lotu mają formę wartości liczbowych lub logicznych, co umożliwia ich dalsze przetwarzanie i przygotowanie do wykorzystania przez inne programy komputerowe. Taka postać danych umożliwia także ich konwersję na sygnały elektryczne, wykorzystane do sterowania elektroniką w kokpicie.

Drugą stosowaną aplikacją jest środowisko do obsługi wyświetlaczy zobrazowania informacji „Glass Cockpit”. Zadanie to realizują dwa programy odpowiedzialne za generowanie obrazu: na ekranach wielofunkcyjnych wskaźników położenia przestrzennego PFD, na ekranie systemu monitorowania pracy zespołu napędowego i ostrzegania załogi EICAS oraz na ekranie wielofunkcyjnego wskaźnika sytuacji horyzontalnej ND.



Rys. 4. Widok wykonanego w WAT symulatora kabiny samolotu pasażerskiego z interfejsami sprzętowymi i graficznymi

Rezultaty dotychczasowych prac związanych z budową symulatora kabiny samolotu pasażerskiego z systemem zobrazowania informacji opartym na technologii „Glass Cockpit” i elementami manipulacyjnymi obsługiwanymi przez systemy mikroprocesorowe przedstawiono na rys. 4. Jednym z ważniejszych osiągnięć projektu było opracowanie metody wyświetlania danych pilotażowo-nawigacyjnych i technicznych na panelach ciekłokrystalicznych oraz opracowanie metody współpracy interfejsów sprzętowych z oprogramowaniem symu-

latora. Na obecnym etapie rozwoju możliwe jest również przeprowadzenie wybranych procedur rutynowego lotu, a także wykonanie wirtualnego lotu.

3. Uwagi końcowe

Opracowane stanowisko laboratoryjne pozwala na zapoznanie studentów z filozofią pracy systemu „Glass Cockpit” i rodzajami interfejsów stosowanymi w kabinie samolotów pasażerskich nowej generacji. Powstały trener prezentuje działanie nowoczesnych cyfrowych systemów pokładowych tworzących system awioniczny, a w szczególności wskaźników obrazowych służących do wizualizacji parametrów pilotażowo-nawigacyjnych oraz różnorodnych pulpitów sterujących zabudowanych w kokpicie. Traktując jako wzór wyposażenie kabiny nowoczesnego samolotu Boeing 737 NG, zapewniono studentom WAT dostęp do najnowszych rozwiązań interfejsów sprzętowych i graficznych. Otrzymane wyniki pozwalają na dalszą rozbudowę symulatora sprawdzoną metodą dołączania kolejnych interfejsów komunikacyjnych.

Literatura

- [1] Dębski P.: Stanowisko laboratoryjne do symulacji kabiny samolotu pasażerskiego, WAT, Warszawa 2008 (praca niepublikowana).
- [2] Dębski P., Kaźmierczak K., Rochala Z.: Symulator kabiny samolotu pasażerskiego BOEING 737NG, XI Międzynarodowa Konferencja „Komputerowe systemy wspomagania nauki, przemysłu i transportu” TRANSKOMP 2007, t. I, ZPITE, Radom 2007.
- [3] Dębski P., Kaźmierczak K., Rochala Z., Wróblewski M.: Odwzorowanie pracy urządzeń wyposażenia pokładowego samolotu w proceduralnym symulatorze lotu wraz z przygotowaniem stanowiska badawczego, Sprawozdanie z pracy PBW 977, WAT, Warszawa 2009.
- [4] Kaźmierczak K.: Projekt interfejsu sprzętowego do współpracy z oprogramowaniem symulatora lotu, WAT, Warszawa 2008 (praca niepublikowana).

TYPES OF INTERFACES IN PASSENGER AIRCRAFT'S FLIGHT DECK SIMULATOR

Abstract

Avionics systems in the next generation passenger aircrafts are the result of the stormy evolution of microprocessors and microelectronics technology. Advancements in these fields allow to design flight decks in “glass cockpit” technology with use of display monitors and with modern pin sensors served by microcontrollers on control panels. Amount and complication degree of flight deck devices and manner of modern aircraft piloting, require completely different way of pilots and avionics training.

To make knowledge concerning modern digital avionics systems construction and operation simpler to assimilate, didactic passenger aircraft flight simulator has been developed in Military Academy of Technology. In this paper, authors presented various forms of graphical and electronic interfaces used in the executed simulator, which allows flight deck systems controlling, performing some procedures and conducting a virtual flight.

Złożono w Oficynie Wydawniczej w sierpniu 2011 r.