

# Vývoj civilního letounu BA609 s možností kolmého startu a přistání



V minulém století dlouho existovala myšlenka zkonstruovat takové letadlo, které by mělo vlastnosti vrtulníku i běžného konvenčního letounu. Kolmý start vrtulníku umožňuje startovat i přistávat na nepřístupných místech v horách nebo ve městech a všude tam, kde není k dispozici vzletová a přistávací dráha. Na druhé straně konvenční letadlo, které při startu a přistání potřebuje delší rozjezd, může mít například vyšší cestovní rychlost.

Částečným naplněním této představy jsou konvenční letadla označovaná jako STOL (Short Take-Off and Landing), které mají možnost odstartovat i přistát na co nejkratší dráze. Za tímto účelem mají upravenou například geometrii i mechanizaci křídla. Příkladem může být řada typů vojenských letounů s proudovými i turbovrtulovými motory. Nejznámějším vyvíjeným letounem se svislým startem a přistáním označovaným jako V/STOL (Vertical/Short Take-Off and Landing) byl vojenský bojový letoun RAF Harrier GR1/GR3 vyrobený britskou firmou Hawker-Siddeley v roce 1967 a v dalších verzích vývoj pokračoval ve spolupráci britské firmy BAE Systems a americké firmy Boeing. Letoun je dosud v provozu, má však proudový motor a principy ovládání stroje jsou poněkud odlišné od letounů s vrtulovými motory a hlavně neslouží k přepravě osob, ale k plnění bojových úkolů.

Úsilí vyrobit letadlo s vlastnostmi vrtulníku i běžného konvenčního letadla se začíná již v padesátých letech minulého století. Jedním z prvních zkušebních letounů, který naplňoval prvotní představu konstruktérů spolupracujících firem

byl Bell/Boeing XV-3 označovaný jako „tilt-rotor“. Začátkem 80. let minulého století bylo toto letadlo základem k vývoji dalších typů XV-15 a později V-22 Osprey, který slouží k transportu 24 vojáků nebo užitečného zatížení do 10 tun.



Z hlediska konstrukce draku letadla jde o konvenční letadlo navržené jako hornoplošník s ocasními plochami ve tvaru H. Dvě naklápěcí turbovrtulové pohonné jednotky jsou umístěny na obou koncích křídla a jejich ovládání je zásadním prvkem při změně režimu letu ze svislého směru do vodorovného a naopak. V roce 2000 došlo ke dvěma vážným nehodám typu V-22 a tím se vývojový program letounu této koncepce zpomalil.



BA609 ve svislém režimu letu



BA609 ve vodorovném režimu letu

V roce 1996 ohlásila firma Bell Augusta Aerospace vývoj prvního VTOL civilního stroje s naklápěcími pohonnými jednotkami pod označením BA609 s plánem první letové zkoušky v roce 2003. Jak uvádějí pracovníci firmy Bell Helicopter, letoun nenavazuje na předchozí typ V-22 Osprey. S nasazením letounu do běžného provozu se počítá na středních tratích s využitím režimů vodorovného i svislého letu. Dolet se předpokládá 1389 km, s přídatnými nádržemi 1852 km, praktický dostup 11 km a jeho maximální rychlost se má pohybovat na hodnotě 509 km/h. Letoun může přepravovat maximálně devět cestujících s dvoučlennou letovou posádkou.

Celý vývojový program BA609 byl založen na modelování a simulaci jednotlivých systémů i letových fází. Vývojový

tým v počátečním stádiu vývoje využil programové prostředí MATLAB/Simulink americké firmy The MathWorks hlavně k modelování systému řízení se zahrnutím různých konfigurací letounu. Simulink je rozsáhlá nadstavba MATLABu, která slouží k simulaci dynamických systémů. Dynamický systém představuje uživatelem vytvořené grafické schéma sestavené z aktivních bloků s nastavitelnými parametry. Takto definovaný systém lze ve stadiu návrhu simulovat v simulačním čase. Simulink obsahuje několik knihoven s různými typy bloků pro spojité, diskrétní a hybridní systémy. Simulink umožňuje simulovat rozsáhlé lineární i nelineární systémy a subsystemy, k dispozici je řada parametrů usnadňující analýzu zkoumaného modelu.

Dále byla provedena simulace zatížení různých konstrukčních částí letounu a jedním ze sledovaných režimů bylo například zahrnutí vlivu turbulence v soustavě křídla a pohonných jednotek v různých hmotových konfiguracích pro výpočet aeroelasticity, kdy se počítá stabilita konstrukce draku letounu. Do zpětných vazeb systému řízení byly zařazeny filtry, aby byla při vzniku turbulence zajištěna stabilita v okruhu řízení. Aby firma Bell Helicopters dosáhla splnění standardních požadavků, předala svým dodavatelům funkční modely vytvořené v Simulinku. Tento krok jim umožnil efektivnější testování dodávaného software před dodávkou do Bell Helicopters.

Přechodovou fází ze svislého do vodorovného letu a naopak zajišťuje otáčení pohonných jednotek na konci křídla. Úhel vektoru tahu se mění v čase přibližně o 90° a protože v průběhu otáčení křídlo a ocasní plochy okamžitě nevytváří potřebný vztlak, je celá operace náročná na ovládání letounu.

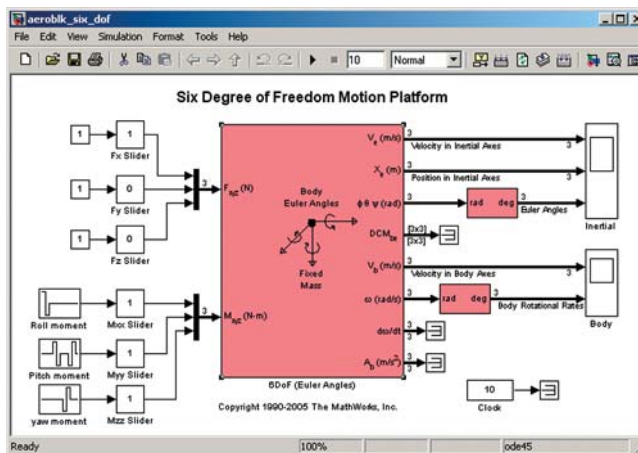
Jedním z nejkritičtějších systémů letounu je proto systém řízení, což je kombinace výkonových prvků jako jsou např. kormidla, elektrohydraulické posilovače a software. Tento software musí pracovat na skutečném letadle v reálném čase a proto byla k jeho vytvoření použita jedna z nadstaveb systému MATLAB/Simulink, Real-Time Workshop. Jedná se o modul generující ANSI/ISO C kód i exe soubory z diskrétních, spojitých nebo hybridních modelů vytvořených a ověřených v Simulinku.

Funkční modely v Simulinku poslouží také jako podkladové materiály pro certifikaci BA609 podle předpisů Federal Aviation Administration (FAA), DO-178B level A. Dodané modely dokladují splnění požadavků kladených na systém řízení při zpracování předepsaných vstupních signálů vyžadovaných předpisem a následující požadovanou odezvou posilovačů a kormidel letounu.

Předletové zkoušky na letounu BA609 byly provedeny v simulačním prostředí Simulinku a jeho nadstavby Real-Time Workshop. S využitím hardwarových komponent letounu systémem HIL (hardware-in-the-loop) si pilot mohl vlastnoručně ověřit reakce systému v reálném čase na simulátoru.

Na simulačních obrazovkách probíhá let, zatímco na řídicí páce pilot cítí skutečné síly v řízení. Pohyb řídicí páky v systému generuje signály a okruh řízení složený z centrální jednotky, snímačů, elektrických vodičů, elektrohydraulických posilovačů a kormidel společně se software (systémem fly-by-wire) zajišťují požadované chování letounu. Simulátor počítá aerodynamické zatížení konstrukce, dynamiku chodu pohonných jednotek a prostřednictvím snímačů jsou tyto informace vysílány do zpětné vazby systému řízení. V dalším kroku před letovou zkouškou se pilot učí reakce řídicího systému přímo v kokpitu skutečného letounu. Před prvním startem prototypu letounu absolvoval pilot více než 1000 hodin v letovém simulátoru.

V březnu 2003 byl se uskutečnil let prvního prototypu letounu a v průběhu devíti letů provedených v jednom měsíci bylo nalétáno 14 letových hodin bez závažných problémů. Lze konstatovat,



Příklad funkčního schéma Simulinku při využití v letectví

že k úspěchu projektu přispěla z větší části simulace v prostředí systému MATLAB/Simulink. Podle posledních informací má být certifikace podle FAA i evropských civilních předpisů dokončena v roce 2009.



**HUMUSOFT, spol. s r. o.**

**Distributor produktů společnosti The MathWorks pro ČR a SR**

**Pobřežní 20, 186 00 Praha 8, ČR**

**Tel.: +420 2 84 01 17 30**

**Fax: +420 2 84 01 17 40**

**e-mail: info@humusoft.cz**

**http://www.humusoft.cz**

31

