



Návrh letounu pomocí programu MATLAB a Simulink (2)

V první části seriálu jsme se věnovali jednotlivým etapám návrhu letounu. V dnešním díle ukážeme na praktickém příkladu lehkého čtyřmístného jednoplošníku, jak lze získat informace o jeho aerodynamice, letových vlastnostech a výkonech použitím programu MATLAB a Simulink.



Vývojový proces obsahující simulace lze shrnout do několika následujících etap:

1. návrh celkové geometrie letounu (tvar trupu a profily nosných ploch)
2. určení aerodynamických charakteristik letounu na základě geometrie
3. využití simulace k ověření předběžného návrhu letounu
4. návrh okruhů řízení letounu
5. vytvoření HIL (hardware-in-the-loop) systému k ověření vlastností v reálném čase
6. vytvoření reálného prototypu, zajištění potřebného SW a letových zkoušky
7. analýza dat naměřených v letových zkouškách, certifikace letounu

Jak již bylo řečeno, celý návrhový proces probíhá iteračním způsobem, protože vývojáři testují mnoho konfigurací než se rozhodnou pro konečnou variantu. Intenzivní iterační způsob práce probíhá v době, kdy ještě není vytvořena konstrukce letounu a kdy se hledá pro řadu věcí kompromisní řešení.

Návrh lehkého čtyřmístného jednoplošníku

Ukažme si na praktickém příkladě prvotního návrhu lehkého sportovního letounu, jak lze na základě vstupních geometrických rozměrů získat informace o jeho aerodynamice, letových vlastnostech a výkonech. Tyto podklady jsou současně podkladem pro simulaci vybraných letových režimů včetně odezvy letounu na zásah do kormidel.

Důležitým parametrem při návrhu letounu bude cestovní rychlost, stoupavost a pádová rychlost. Všechny tyto parametry jsou závislé

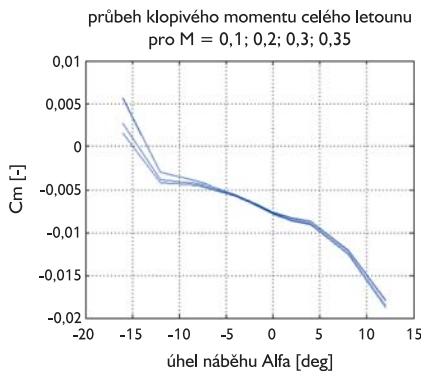


Obr.1 Konfigurace navrhovaného letounu

```
SFLTCON NMACH=2.0,MACH(1)=0.1,0.25
SFLTCON NALT=2.0,ALT(1)=5000.0,8000.0$
SFLTCON NALPHA=5.,ALSCHD(1)=-2.0,0.0,2.0,
ALSCHD(4)=4.0,8.0,LOOP=2.0$
SOPTINS SREF=225.8,CBARR=5.75,BLREF=41.15$
SSYNTHS XCG=7.08,ZCG=0.0,XW=6.1,ZW=-1.4,ALIW=1.1,XH=20.2,
ZH=0.4,ALIH=0.0,XV=21.3,ZV=0.0,VERTUP=.TRUE.$
SBODY NX=10.0,
X(1)=-4.9,0.0,3.0,6.1,9.1,13.3,20.2,23.5,25.9,
R(1)=0.0,1.0,1.75,2.6,2.6,2.6,2.0,1.0,0.0$
SWGPNLF CHRDP=4.0,SSPNE=18.7,SSPN=20.6,CHRDR=7.2,SAVSI=0.0,CHSTAT=0.25,
TWISTA=-1.1,SSPNDD=0.0,DHDADI=3.0,DHDADO=3.0,TYPE=1.0$
NACA-W-6-64A412
SHTPLNF CHRDP=2.3,SSPNE=5.7,SSPN=6.625,CHRDR=0.25,SAVSI=11.0,
CHSTAT=1.0,TWISTA=0.0,TYPE=1.0$
NACA-H-4-0012
SVTPLNF CHRDP=2.7,SSPNE=5.0,SSPN=5.2,CHRDR=5.3,SAVSI=31.3,
CHSTAT=0.25,TWISTA=0.0,TYPE=1.0$
NACA-V-4-0012
CASEID SKYHOGG BODY-WING-HORIZONTAL TAIL-VERTICAL TAIL CONFIG
DAMP
NEXT CASE
```

Obr.2 Příklad vstupního souboru do Digital Datcom

na výšce letu. V tomto případě budeme požadovat, aby stoupavost byla větší jak 2 m/s ve výšce 2000 metrů.

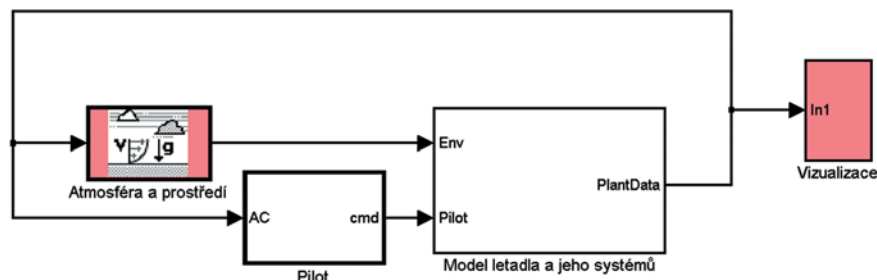


Obr.3 Průběh klopivého momentu letounu v závislosti na úhlu náběhu pro různá Machova čísla

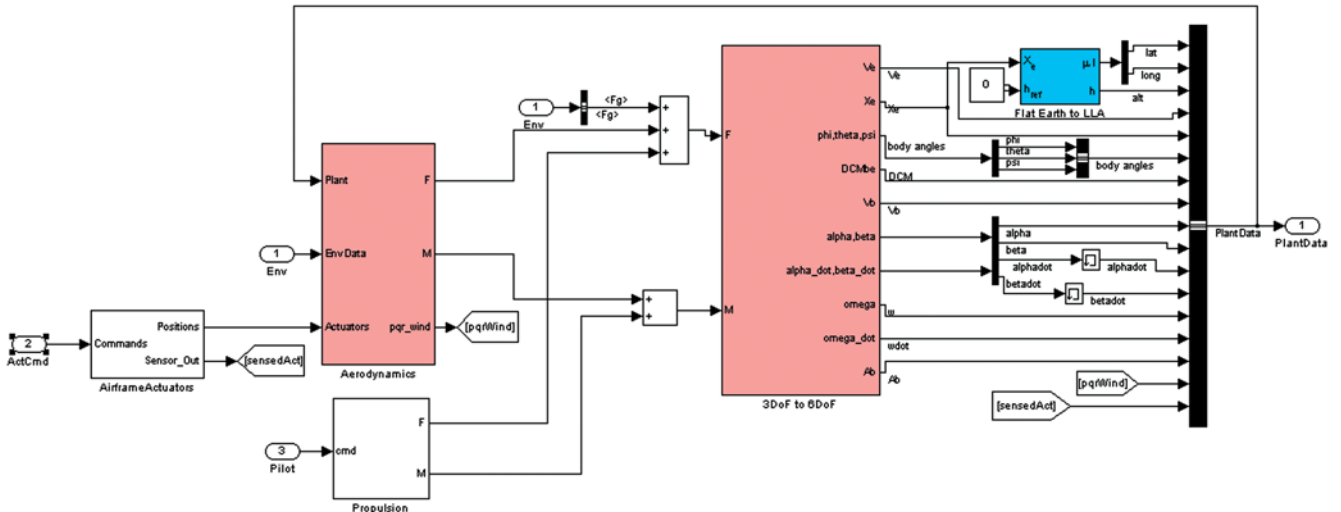
V našem návrhu využijeme Digital Datcom, program pro prvotní návrh a analýzu, který byl vyvinut U.S. Air Force jako digitální verze Data Compendium (DATCOM). SW je nyní veřejně přístupný a lze jej stáhnout z webovských stránek http://www.va.afri.af.mil/org/VAC/VACA/vaca_index.html.

Nejprve je třeba vytvořit vstupní soubor pro Digital Datcom, ve kterém jsou definovány letové podmínky (návrhové body), pro které chceme získat aerodynamické koeficienty.

Každý výstup z Digitálního Datcomu do MATLABu je reprezentován polem buněk a strukturou obsahující například součinitele aerodynamických sil a momentů nebo aerodynamické derivace, které figurují v pohybových rovnicích letounu pro různé konfigurace (křídlo, křídlo-trup, křídlo-trup-ocasní plochy).



Obr.4 Celkové schéma dynamiky pohybu letounu v Simulinku



Obr.5 Schema zobrazuje pohybové rovnice letounu pro podélný pohyb (3DoF) s využitím bloku z nastavy Simulinku – Aerospace Blocksetu

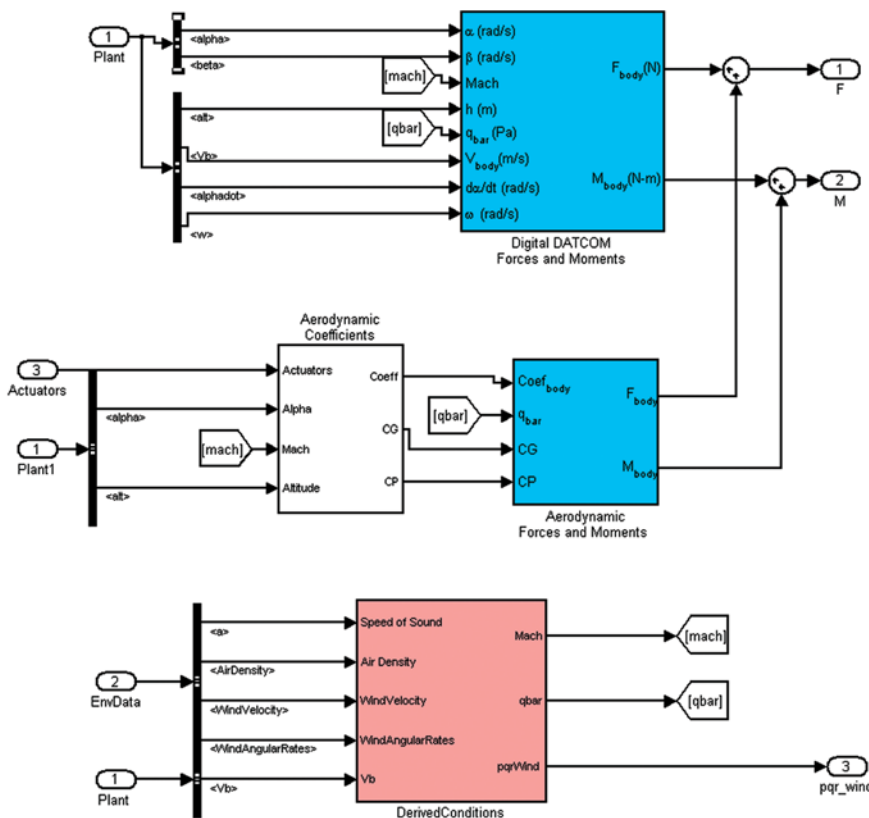
V našem příkladě nejprve vytvoříme schema popisující dynamiku podélného pohybu letounu (ovládání výškového kormidla, změny výšky, rychlosti letu a úhlu náběhu). K popisu pohybu je využit blok z nadstavbové knihovny Simulinku – Aerospace Blockset. Tento model pomáhá zjišťovat jestli je navrhovaný letoun podélně stabilní a říditelný v navrhovaných

letových režimech. K výpočtu aerodynamických sil a momentů působících na letoun využijeme údaje z Digitálního Datcomu a blok z Aerospace Blocksetu. Do modelu letounu je třeba ještě implementovat model posilovačů řízení, letových snímačů a model standardní atmosféry, gravitační model a model porывů opět s využitím bloků z Aerospace Blocksetu.

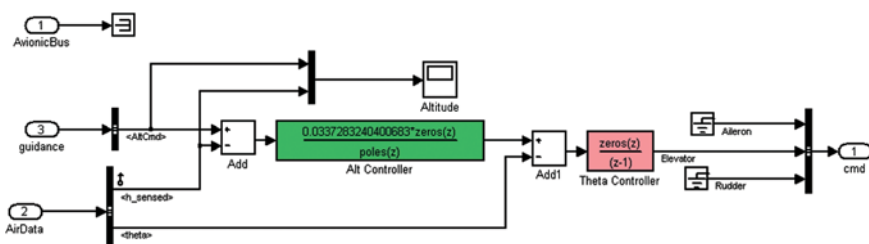
Jakmile je model v Simulinku úplný, můžeme v dalším kroku navrhnout kontroler pro podélný pohyb, který ovládá výškové kormidlo ve vztahu k letové výšce. K návrhu byly využity dvě zpětné vazby. Vnější smyčka řídí výšku letu a vnitřní řídí podélný sklon letounu.

K naladění kontroleru poslouží další nadstavba Simulinku – Simulink Control Design, kdy lze interaktivně ovládat zisk, póly a nuly do té doby, až je odezva letounu pro vybraný manévr uspokojivá.

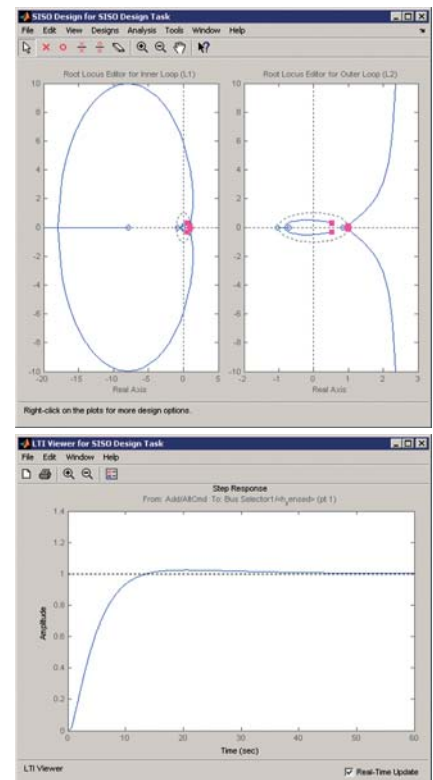
Při návrhu lze využít také nadstavbu Simulinku – Simulink Response Optimization společně se Simulink Control Design, kdy lze kontroler nastavit automaticky tím, že zadáme například požadavky z frekvenční oblasti (rozsah zisku a fáze). Pokud jsme s návrhem kontroleru spokojeni, jsou řídicí bloky ve



Obr.6 Výpočet aerodynamických sil a momentů



Obr.7 Schéma kontroleru pro podélný pohyb letounu vytvořený v Simulinku



Obr.8 Vykreslení části odezvy navrhovaného kontroleru

schematu vytvořeném v Simulinku automaticky upraveny. V nelineární simulaci a s využitím logiky pro řízení letounu bylo dosaženo uspokojivého výsledku. Při skokové změně výškového kormidla nastal přechod z letové výšky 2000 do 2050 metrů. V průběhu manévru nebylo narušeno pohodlí cestujících ani letové posádky.

V pokročilejším stádiu vývojového procesu, když už máme k dispozici některé přístrojové a konstrukční (HW) součásti letounu, jako jsou například posilovače řízení nebo části avioniky, lze provádět tzv. HIL simulaci (hardware-in-the-loop). Jedná se o zařazení HW komponent do simulační smyčky, kdy jsou místo některých bloků ve schematu Simulinku elektricky připojeny skutečné HW součásti. S využitím dalších knihoven Simulinku jako je Real-Time Workshop Embedded Coder, Real-Time Windows Target, Simulink Verification a Validation a Aerospace Blockset lze simulovat procesy v reálném čase.

Uvedená HIL simulace může být využita i v rámci výcviku pilota před prvním letem, kdy lze v reálném čase simulovat odezvy letounu na zásah pilota do řízení letounu nebo funkci autopilota.



HUMUSOFT s.r.o.

14

**Distributor produktů společnosti
The MathWorks v 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>**