

PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ PRO RNAV ONBOARD EQUIPMENT FOR RNAV

Marcela Ujcová¹

Anotace: Článek popisuje princip prostorové navigace (Area Navigation – RNAV) a její výhody při využívání vzdušného prostoru. Dále se článek věnuje palubnímu zařízení využívaného pro tento typ navigace. Závěr práce je věnován dvourozměrnému, trojrozměrnému a čtyřrozměrnému systému RNAV.

Klíčová slova: prostorová navigace, přístrojové vybavení, RNAV

Summary: This article describes basic principles of area navigation (RNAV) and their benefits in airspace management utilization. Furthermore it focuses on onboard equipment used for this type of navigation. In the article's conclusion two dimensional, three dimensional and four dimensional RNAV systems are mentioned.

Key words: Area navigation, onboard equipment, RNAV

1. ÚVOD

Obecnou úlohou navigace je řízení letadla po určené trati s cílem přivést jej do daného bodu prostoru v daném čase. Řešení může být závislé na typu letadla a charakteristikách celkového provozu, s přihlédnutím k zajištění bezpečnosti a potřebné hospodárnosti. Pro řešení navigační úlohy je nutné znát skutečný pohyb letadla a umět ho srovnat s pohybem zadaným. Je tedy třeba měřit charakteristiky pohybu a z nich získat údaje pro pilotáž.

2. CHARAKTERISTIKA PROSTOROVÉ NAVIGACE (AREA NAVIGATION – RNAV)

Prostorová navigace (RNAV) je systém navigace, který dovoluje pilotovi letět po zvolené trati na předem určený bod bez nutnosti přeletu pozemního radionavigačního zařízení.

Základem RNAV je vybavení paluby letadla odpovídajícím zařízením, které automaticky určuje polohu s využitím informací z jednoho nebo více navigačních senzorů a vede letadlo po trati. Nejjednodušší používaný systém je počítačový RNAV systém schopný zpracovávat pouze signály VOR/DME. Tento systém, je-li používán v souladu se schválenými postupy, je schopen udržovat takovou úroveň navigační přesnosti, která odpovídá základní RNAV pro standardní kontinentální vzdušný prostor. Letadla velkých leteckých a jiných společností mají poněkud složitější vybavení, využívající vstupních signálů jako INS, OMEGA nebo LORAN-C, schválené pro provoz v Severoatlantickém vzdušném

¹ Ing. Marcela Ujcová, VŠB-TUO, Fakulta strojní, Institut dopravy, Ústav letecké dopravy, tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Tel: +420 737 143 343, Fax: 59 691 6490, E-mail: marcela.ujcova@centrum.cz

prostoru (North Atlantic Minimum Navigation Performance Specification Airspace – NAT MNPS). Toto vybavení lze považovat za vhodné též pro standardní kontinentální vzdušný prostor s podmínkou, že jsou doplněny zvláštní provozní postupy nebo dodatečné navigační body k zajištění požadované navigační přesnosti. Nové typy letadel jsou vybaveny zdokonalenými RNAV systémy nebo systémy ovládání letu (Flight Management Systems – FMS).

3. PALUBNÍ ZAŘÍZENÍ

V současné době existuje mnoho různých typů navigačních zařízení. Tato zařízení mají široké spektrum možností a jsou charakterizována různým stupněm složitosti. K méně složitým zařízením patří navigační systémy VOR/DME a jednodušší výpočetní systémy RNAV, které mohou vypracovávat pouze vstupní data VOR/DME. Některé typy složitějšího zařízení RNAV, které používají vstupní data inerciálního navigačního systému (INS), OMEGA nebo LORAN-C je třeba také posuzovat z hlediska jejich použití v podmínkách speciálních provozních pravidel nebo použití doplňkových navigačních bodů, která umožňují získat požadovanou přesnost navigace. INS pracuje na principu precesního pohybu, jež získáváme z rotujícího setrvačnicku (hmotového nebo dnes již laserového) umístěného na stabilizované rovině letounu a z jeho vlastnosti zachování polohy v prostoru získáváme přes velmi jemné tenzometry fyzické zrychlení letounu ve všech třech osách (upřesnění dále). K nejsložitějším zařízením patří novější systémy RNAV a FMS.

Jako vstupní informace se používají údaje VOR a DME společně umístěné v jednom místě, protože systém VOR/DME je ze všech systémů pro krátké vzdálenosti nejpřesnější. Údaje zpracovává a vyhodnocuje palubní počítač.

Palubní zařízení má tyto části:

- palubní zařízení přijímající signály VOR,
- palubní zařízení přijímající signály DME,
- palubní počítač prostorové navigace,
- ovládací jednotka.

Hlavní částí systému je počítač, který vyhodnocuje polohu letadla vzhledem k parametrům zvoleným na ovládací jednotce. Traťové body nevyznačené pozemními zařízeními jsou vytvořeny zvolenými zaměřeními a vzdálenostmi od blízkých zařízení VOR/DME a určenými tratěmi. Výsledky těchto vyhodnocení jsou okamžitě průběžně předávány posádce obdobným způsobem jako údaje VOR na mapě nebo jiným způsobem prostřednictvím jiných palubních přístrojů.

FMS představuje komplexní systém, který obsahuje palubní zdroj, přijímač a počítač a také databázi navigačních dat a dat o charakteristikách letadla a vydá údaje o optimálním režimu letu na displej a do automatického systému řízení letu. Tento termín se často používá pro označení libovolného systému, který zajišťuje některý druh konzultační informace nebo možnost bezprostředního zajištění navigace (v boční a/nebo vertikální rovině), regulování spotřeby paliva, plánování tratí apod. Tyto systémy se také nazývají systémy ovlivňování charakteristik, řízení režimu letu a zajištění navigace. Základním prvkem FMS je počítač, který pro zajištění navigace v horizontální rovině pracuje s velkou bází dat, dovolující

předběžně naprogramovat a zavést do systému velký počet tratí. V procesu práce se přesnost údajů o poloze neustále koriguje, pro tento cíl se používají obyčejné navigační prostředky. Přitom se na základě složité báze dat zajišťuje automatický výběr nejvhodnějších prostředků.

Na současných letadlech jsou také navigační počítače. Mohou pracovat současně s INS, OMEGA, LORAN-C nebo prostě s VOR/DME a systémem letových dat (kurz, traťovou rychlost apod.). Dokonce v případě použití pouze posledních vstupních dat systém může přesně pracovat, dokud letadlo zůstává v rámci odpovídající zóny činnosti DME. Přerušení v zóně činnosti DME a/nebo zhoršení přesnosti se připouští v rámci stanovených omezení, pokud systém je schopen pracovat v "režimu zapamatování" v průběhu omezené periody času.

Pro vzdušný prostor s vysokou intenzitou pohybů se může vyžadovat speciální funkce RNAV, které dovolí splnit zvýšené provozní požadavky. Stanovení těchto funkcí, přestože jsou vyvolány místními regionálními potřebami, se musí uskutečňovat na základě těsné spolupráce mezi výrobcí, provozovateli a orgány ATS a s uvažováním možností současných a budoucích technických prostředků. Tato spolupráce musí vycházet z postupné celosvětové unifikace provozního používání zařízení RNAV.



Obr. 1 – Ovládací panel palubního systému FMS

U letadel využívajících multilaterační systémy je potřeba mít na palubě potřebný odpovídač, který vysílá odpovědi na základě pozemního dotazovače nebo systému ACAS. Jelikož se pro přenos informace o poloze letadla bude využívat opět pásmo velmi krátkých vln (VKV), stejně jako u zařízení VOR, bude palubní vybavení letadla více méně stejné. Rozdíl bude jen ve zpracování signálu na zemi.

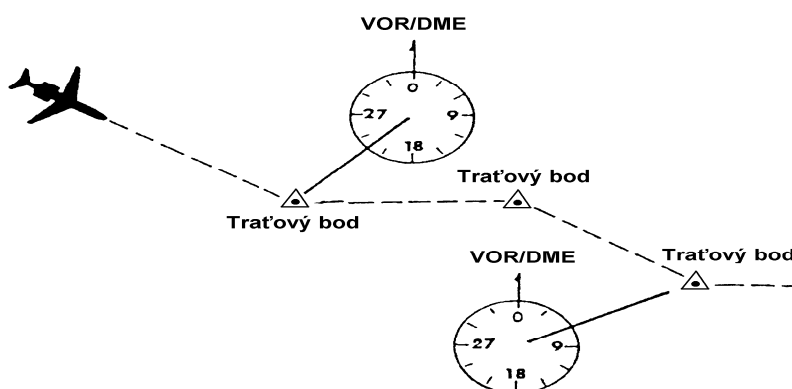
4. DVOUROZMĚRNÝ, TROJROZMĚRNÝ a ČTYŘROZMĚRNÝ SYSTÉM RNAV

Nejjednodušší je tzv. dvourozměrný systém (2-D), který vypočítává a zobrazuje polohu letadla podél trati. Další systém je tzv. trojrozměrný (3-D) RNAV, který navíc vyhodnocuje i vertikální polohu. Čtyřrozměrný systém (4-D) RNAV vyhodnocuje i čas, kdy má letadlo

dosáhnout bodu v dané výšce. Některá zařízení přepočítávají i šikmou vzdálenost na horizontální.

Při použití signálů VOR/DME po naladění stanice si pilot určí body na trati vzdálenostmi a radiály od zařízení a nastaví je na ovládacím panelu. Na ovládacím panelu si rovněž zvolí citlivost stupnice přístroje, kdy 1 tečka na displeji ukazuje odchylku ½ nebo 2 míle vlevo nebo vpravo od vypočítané trati. Pokud udržuje břevno uprostřed, letí po zadané trati. Bod, zadaný radiálem a vzdáleností od skutečného bodu VOR/DME, tak vlastně vytvoří jakoby „falešný“ VOR/DME, k němuž se vztahuje vytýčení trati (obr. 3). Přesnost určení polohy závisí na vzdálenosti skutečného pozemního zařízení. Systém poskytuje pilotovi stálé vedení po trati k nebo od traťového bodu a vzdálenost k němu nebo od něj. Traťové body se mohou vytvořit ve všech otočných bodech, kde není pozemní zařízení, a stanovit tak požadovanou trať.

Většina palubních zařízení RNAV umožňuje programování paralelních tratí, umožňujících lepší využití vzdušného prostoru.

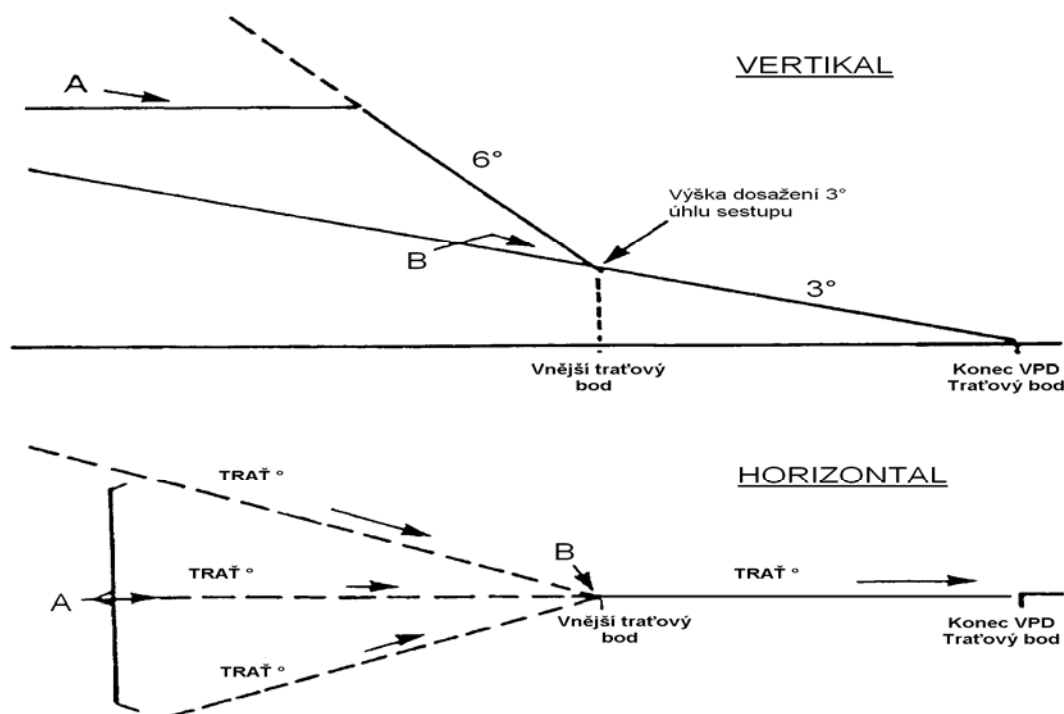


Obr. 2 – Vytýčení traťových bodů

Některá palubní zařízení RNAV mohou poskytovat i vertikální vedení během stoupání a klesání a stanovit si tak body, kdy má být zahájeno stoupání nebo klesání. Body změny výšky jsou identifikovány tak, aby daná výška byla dosažena v určeném bodě s ohledem na výkonové charakteristiky letadla.

Systém 3-D RNAV může poskytovat vedení při přiblížení na přistání k RWY nevybavené pro přesné přiblížení na přistání, např. systémem ILS. Poskytuje také vertikální vedení v dvusegmentovém přiblížení s počátečním úhlem sestupu 6° s následným snížením na úhel 3° (obr. 3).

Typické palubní přístroje pro 3-D RNAV jsou vybaveny ukazatelem odchylky od kurzu (Course Deviation Indicator - CDI) a indikátorem horizontálního zobrazení (Horizontal Display Indicator - HDI). Neustále informují pilota o poloze vzhledem k zadané trati. Indikátor SPI (Symbolic Pictorial Indicator) dává informace, o kolik NM je letadlo odchýleno.



Obr. 3 – Přiblížení pomocí RNAV

ZÁVĚR

Prostorová navigace je v dnešní době hlavním prostředkem navigace v obchodní letecké přepravě.

Prostorová navigace umožňuje státům navrhovat a plánovat tratě nezávisle na předem stanovených navigačních bodech, které jsou odvozeny od navigačních zařízení. To umožní větší pružnost v projektování vzdušného prostoru a leteckým provozovatelům přínosy z úspory času, zpoždění a především z úspory pohonných hmot.

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) JALOVECKÝ, M. *Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů - ATPL(A) - Navigace (dle předpisu JAR-FCL 1 – část 060)*. Brno: CERM, s.r.o., 2002. 129-148 s. ISBN 80-7204-246-7.
- (2) *Učební text pro řídicí letového provozu - Letecká navigace*. ŘLP ČR, s.p., 2005.
- (3) UJCOVÁ, M. *Aplikace multilateračních systémů pro RNAV* (bakalářská práce). Praha: ČVUT, 2007.
- (4) *JAA ATPL – Radio Navigation*. Oxford 2001.