

## MERANIE A TESTOVANIE NDB ZARIADENIA V ŠPECIFICKÝCH PODMIENKACH

## MEASURING AND TESTING NDB EQUIPMENT IN SPECIFIC CONDITIONS

Andrej Novák<sup>1</sup>, Karel Havel<sup>2</sup>, Nikolas Žáčik<sup>3</sup>, Filip Škultéty<sup>4</sup>, Tomasz Lusiak<sup>5</sup>

*Anotace: Príspevok sa zaoberá problematikou merania a vyhodnocovania nesmerového rádiomajáku (NDB) prostredníctvom letového laboratória Aerolab 1, Žilinskej univerzity v Žiline. Automatický rádiový kompas (ARK) a nesmerový rádiomaják (NDB) tvoria naštraší letecký navigačný systém, ktorý sa používa dodnes. Pracuje na pomerne jednoduchom princípe radiového vysielania nesmerového signálu z pozemného vysielача (NDB) rádiovéj antény a príjmu signálu na palube prostredníctvom smerovej antény.*

*Klíčová slova: rádionavigácia, lietadlo, nesmerový rádiomaják.*

*Summary: This paper describes the consistent preview of the measuring and testing Non Directional Beacon with using flying laboratory Aerolab 1 at University of Zilina. The ADF/NDB navigation system is one of the oldest air navigation systems still in use today. It works from the most simple radio navigation concept: a ground-based radio transmitter (the NDB) sends an omnidirectional signal that an aircraft loop antenna receives.*

*Key words: Radio-navigation, Aircraft, Non directional Beacon.*

### ÚVOD

Pozemné rádiomajáky slúžia na určovanie relatívneho smerníka radiomajáka NDB (Non Directional Beacon). V minulosti sa zriaďovali na letových cestách a v blízkosti letísk, v súčasnej dobe ich môžeme ešte nájsť na niektorých vojenských letiskách. Frekvenčné pásmo sa volí v rozsahu 190 – 1750 kHz, kde vysielajú nosnú vlnu s identifikačným signálom, ktorý tvoria 2 – 3 písmená Morzeovej abecedy. Vysielanie sa opakuje najmenej raz za 30 sekúnd.

<sup>1</sup> Prof. Ing. Andrej Novák, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra leteckej dopravy, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Tel.: +421 41 513 3463, Fax: +421 41 513 1517, E-mail: [andrej.novak@fpedas.uniza.sk](mailto:andrej.novak@fpedas.uniza.sk)

<sup>2</sup> Prof. Ing. Karel Havel, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra leteckej dopravy, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Tel.: +421 41 513 3450, Fax: +421 41 513 1517, E-mail: [karel.havel@fpedas.uniza.sk](mailto:karel.havel@fpedas.uniza.sk)

<sup>3</sup> Ing. Nikolas Žáčik, Ph.D študent, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra leteckej dopravy, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Tel.: +421 41 513 3450, Fax: +421 41 513 1517, E-mail: [nikolas.zacik@fpedas.uniza.sk](mailto:nikolas.zacik@fpedas.uniza.sk)

<sup>4</sup> Ing. Filip Škultéty, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra leteckej dopravy, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Tel.: +421 41 513 3450, Fax: +421 41 513 1517, E-mail: [filip.skultety@fpedas.uniza.sk](mailto:filip.skultety@fpedas.uniza.sk)

<sup>5</sup> Dr. Tomasz Lusiak, POLISH AIR FORCE ACADEMY, Department of Airframe and Engine, ul. Dywizjonu 303 nr 35, 08-521 Dęblin, Poland, Tel.: +48 261 518 811, E-mail: [t.lusiak@wsosp.pl](mailto:t.lusiak@wsosp.pl)

Oblasť krytia rádiového majáka NDB je obvykle zaistená v kruhovej oblasti s polomerom 50 – 300 km (v závislosti od typu rádiomajáku). Technicky je nesmerový rádiomaják realizovaný ako špeciálne konštruovaný vysielač s výkonom rádovo desiatok až stoviek wattov, ako antény systém sú najčastejšie používané antény typu T alebo L. Dosah NDB v Slovenskej republike je v rozsahu 50 až 150 km s vertikálne polarizovaným vysielaním. Na Slovensku je aj jeden z posledných výrobcov uvedených rádiomajákov firma MSM Martin, prevádzka Banská Bystrica, ktorá vyrába zariadenia pod názvom NAVYRA.

Žilinská univerzita v Žiline, v rámci Centra excelentnosti pre leteckú dopravu (CELD) vykonala testovacie letové meranie nesmerového rádiomajáku. Umiestnenie testovacieho zariadenia v intraviláne mesta pozícia GPS: LAT: N48°42'33.470'', LON: E 019°07'55.694'', použitá frekvencia 325 kHz, identifikácia: TST.

#### **Použité meracie zariadenie**

Meracie lietadlo: Piper Seneca V, PA-34-220T,

Konzola : Airfield technology, AT 940,

Spracovanie výsledkov v aplikácii: WinFIS, V. 10.14, SPU Version 6.3r1.

## **1. METODIKA MERANIA JEDNOTLIVÝCH PARAMETROV ZARIADENIA NDB**

### **Identifikácia**

Kontrola identifikácie sa vykonáva odposluchom v priebehu kruhového letu pre overenie krytia NDB. Identifikácia musí byť jasne počuteľná. Kľúčovanie musí byť presné a jasne počuteľné v celom rozsahu krytia. Identifikácia tiež musí byť správne kódovaná.

### **Pokles výkonu počas identifikácie**

Pokles výkonu počas identifikácie nesmie byť väčšia ako 0,5 dB a pri NDB zariadeniach s požadovaným dosahom 50 NM a viac nesmie byť väčšia ako 1,5 dB.

### **Hovorový kanál**

Kontrola hovorového signálu sa vykonáva v priebehu kruhového letu. Hovorový kanál musí byť jasne počuteľný a bez rušenia v celom rozsahu krytia.

### **Teoretické krytie**

Teoretické krytie tak ako je definované, je prostriedok na určenie skutočnej činnosti NDB merateľným spôsobom. Pri kontrole teoretického krytia na jeho hranici požadovaného dosahu musí byť intenzita signálu minimálne 70  $\mu\text{V/m}$ . Táto hodnota intenzity však nemá byť prekročená o viac ako 2 dB. Všeobecne platí, že stačí minimálna hodnota 120  $\mu\text{V/m}$ , avšak táto hodnota nepostačuje v oblastiach s veľmi vysokou hladinou porúch. Treba však upozorniť, že minimálne stanovené hodnoty intenzity poľa môžu byť nedostatočné, lebo sú stanovené iba na základe jednoduchého porovnania porúch v rôznych oblastiach a môžu byť ovplyvnené inými faktormi. Priemerný polomer oblasti teoretického krytia býva zvyčajne 10 NM až 25 NM. V našom prípade sme zvolili polomer 40 NM, kde bolo sledované krytie signálom. Test bol uskutočnený v dvoch kurzoch: príletový (priame zamerania) a odletový (spätné zameranie), zároveň bol vykonaný test zariadenia na orbite 40 NM.

## Skutočné krytie

Skutočné krytie je definované ako priestor obklopujúci NDB, v ktorom môžeme získať skutočné informácie v danom čase. Pri kontrole skutočného krytia je minimálna intenzita signálu  $70 \mu\text{V/m}$  v priestore požadovaného krytia. Chyby zamerania nemôžu presiahnuť  $\pm 10^\circ$ . Skutočné krytie je teda miera výkonnosti NDB za bežných podmienok.

## Chyby zamerania

Pri kontrole chýb zameraní trati nesmie chyba zamerania prekročiť  $\pm 10^\circ$ . Ak chyby zamerania majú charakter oscilácií, môžu túto hodnotu presiahnuť na čas kratší ako 8 sekúnd. Pri kontrole chýb zameraní pri priblížení nesmie chyba zamerania prekročiť  $\pm 5^\circ$ . Ak chyby zamerania majú charakter oscilácií, môžu túto hodnotu presiahnuť na čas kratší ako 4 sekundy. Pri kontrole chýb zameraní na vyčkávaní nesmie chyba zamerania prekročiť  $\pm 5^\circ$ .

## Prelet zariadenia

Pri kontrole preletu zariadenia, zariadenie nesmie mať tendencie indikovať prelet na nesprávnom mieste. Zameranie tiež musí byť bez nadmerných oscilácií.

## Núdzové napájanie

Kontrola funkcie a vplyvu núdzového napájania sa vykonáva v priebehu kruhového letu pre overenie krytia NDB. Pri prechode z hlavného napájania na núdzové a naopak, nesmie dôjsť ku zmene sledovaných parametrov.

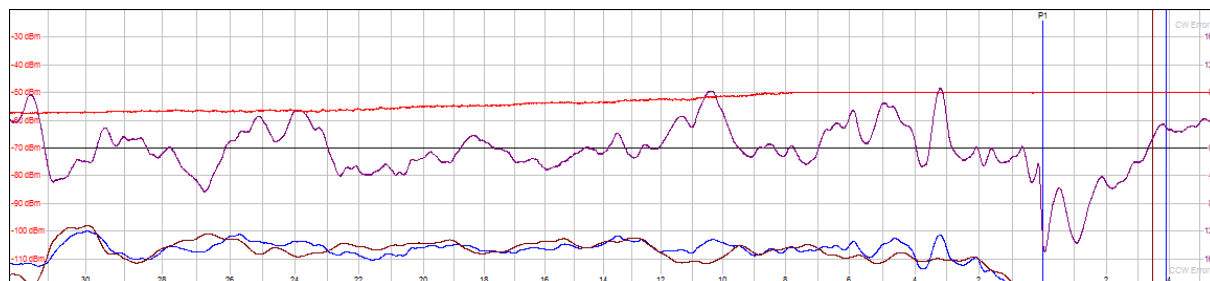
## POSTUP LETOVÉHO MERANIA ZARIADENIA NDB TST MSM BB

1. Vzlet z dráhy letiska v Dolnom Hričove (LZZI) a následne stúpanie do bodu ZLA na povolenú výšku 9000 ft.
2. Meranie priblíženia v stanovenom kurze v nadmorskej výške 9000 ft, s priblížením a preletom NDB TST, následné klesanie do nadmorskej výšky 7000 ft. (Pozn. Ide o min sektorovú výšku vzhľadom na umiestnenie zariadenia NDB TST).
3. V danej min. sektorovej výške 2 x kružnica s polomerom 5 NM okolo NDB zariadenia proti smeru hodinových ručičiek (CCW) v nadmorskej výške 7000 ft.
4. Odlet do vzdialenosti 40 NM od daného NDB zariadenia, meranie spätného zamerania a test dosahu zariadenia, identifikácia (značka TST).
5. Meranie 1/10 orbitu vo vzdialenosti 40 NM (73 km).
6. Meranie bočného zamerania na trati vymedzenej bodmi VOR NIT - NDB ZLA, kontrola identifikácie a bočného zamerania v nadmorskej výške 9000 ft. a 10000 ft.

## 2. VÝSLEDKY LETOVÉHO MERANIA ZARIADENIA NDB TST MSM BB

Prvá fáza merania NDB TST pozostávala z testu radiálu v smere ZLA – TST, let bol uskutočnený v nadmorskej výške 10000 ft. s postupným klesaním do nadmorskej výšky 9000 ft. Celková dĺžka meraného úseku bola 38 NM vrátane preletu nad zariadením. Počas letu bol vykonaný odposluch identifikácie zariadenia, ktorý bol jasne identifikovateľný počas celej meranej trasy letu. Počas merania bola zvolená vzorkovacia frekvencia 10 Hz. Výsledok merania je znázornený na obrázku č.1. Najväčšia zaznamenaná chyba zariadenia bola v tesnej

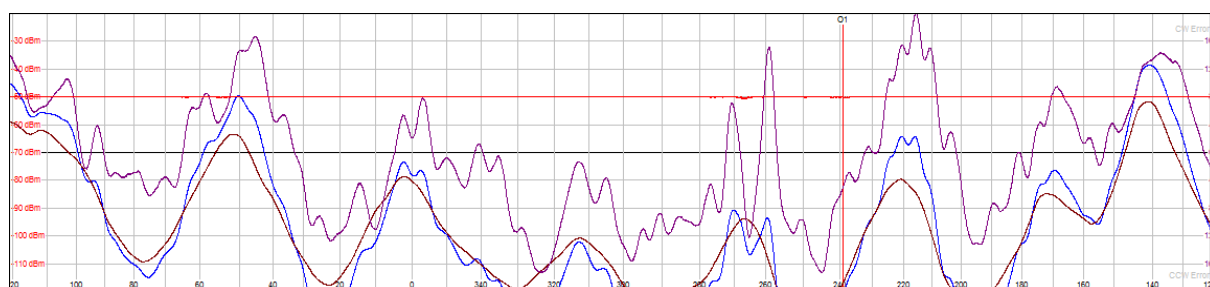
blízkosti zariadenia vo vzdialenosti 3,37 NM kde bola zaznamenaná chyba 13,47°, táto chyba bola spôsobená preletom nad pohorím, ktoré lemuje umiestnené zariadenie. Uvedená odchýlka sa vzhľadom na umiestnenie zariadenia v intraviláne mesta nepovažuje za chybu zariadenia.



Zdroj: Autori

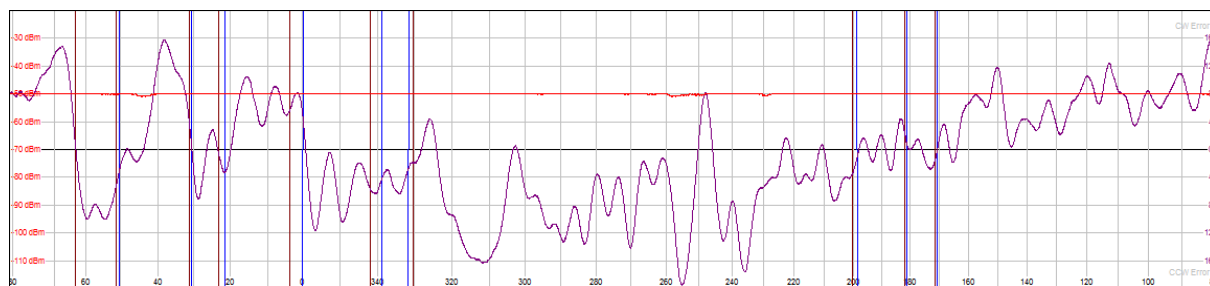
Obr. 1 - Grafické znázornenie nameraných hodnôt prvého úseku ZLA – TST

Druhá fáza merania pozostávala z dvoch obletov zariadenia vo vzdialenosti 5 NM od zariadenia a otestovania. Účelom tohoto merania bolo otestovať horizontálne krytie a vykonať test zariadenia pre vyčkávanie. Počas tohoto testu bola vykonaná zároveň kontrola odposluchu zariadenia. V tomto teste sa potvrdilo, že miesto inštalácie zariadenia je iba provizórne, nakoľko v niekoľkých bodoch horizontálnej charakteristiky sa vyskytla výrazná chyba zamerania, pričom táto chyba je spôsobená okolitou zástavbou a odrazmi od tejto okolitej infraštruktúry. Z pohľadu merania vyžiareného výkonu zariadenie vysiela stabilný neprerušovaný výkon. Výsledky prvého obletu zariadenia sú na obrázku č. 2, výsledky druhého obletu sú na obrázku č. 3. Oblet bol realizovaný proti smeru hodinových ručičiek, na trať obletu sa vstupovalo z okruhu nad letiskom Sliač LZSL. Test sa, vzhľadom na bezpečnú sektorovú výšku v uvedenej lokalite, vykonal v nadmorskej výške 7000 ft.,. Počas merania bola výška oblačnosti 6000 ft.



Zdroj: Autori

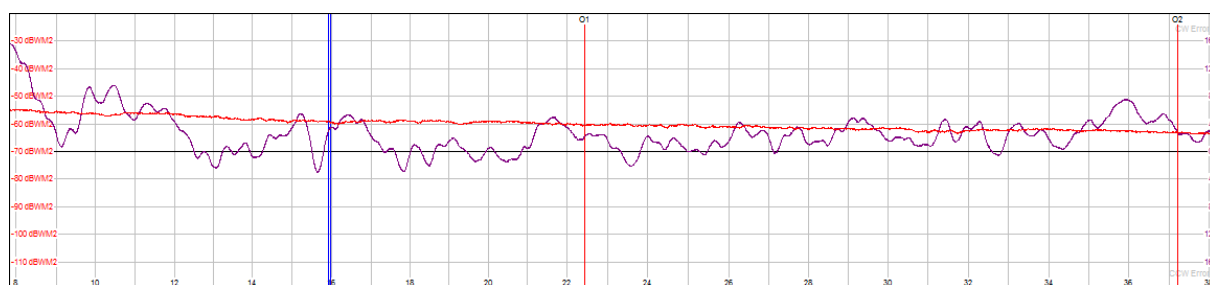
Obr. 2 - Grafické znázornenie nameraných hodnôt prvého obletu s polomerom 5 NM



Zdroj: Autori

Obr. 3 - Grafické znázornenie nameraných hodnôt druhého obletu s polomerom 5 NM

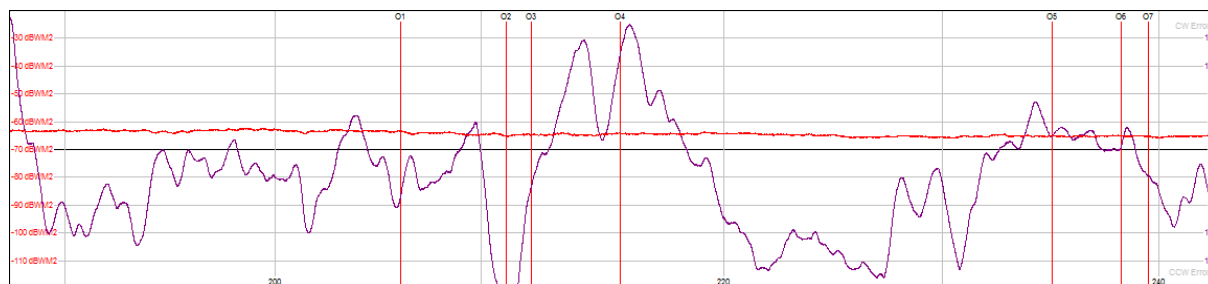
Tretia fáza merania predstavovala let od zariadenia na spätné zameranie, pričom odletový kurz bol zvolený pre existujúcu trať medzi bodmi SLC – PATAC, keďže predpis Annex 10/I hovorí že zariadenie by sa malo testovať predovšetkým na existujúcich letových tratiach. Počas testovania by sa mal sledovať max. požadovaný dosah a dosiahnutie prahovej úrovne  $70 \mu\text{V/m}$ . Pre naše meranie je zrejme, že zariadenie dosahuje požadovanú min. úroveň signálu v koncovom bode merania PATAC kde úroveň signálu je  $-63,5 \text{ dBm}$ , čo predstavuje úroveň  $149 \mu\text{V/m}$ . Výsledok merania je znázornený na obrázok č. 4. Najväčšia zaznamenaná chyba určenia bola  $15,7^\circ$  vo vzdialenosti  $7,89 \text{ NM}$  čo je spôsobené miestom inštalácie a nie samotným zariadením.



Zdroj: Autori

Obr. 4 - Grafické znázornenie nameraných hodnôt druhého úseku SLC – PATAC.

Štvrtá fáza merania, vykonanie bočného zamerania zariadenia pri lete po orbite zariadenia NDB TST, ktoré bolo vykonané z bodu PATAC po bod NIT (VOR NITRA) uvedený kruhový výsek, je vo vzdialenosti  $40 \text{ NM}$ . Tento test má preukázať krytie zariadenia na hranici použitia, kontrolu vysielania, identifikácie a úrovne signálu. Namerané výsledky sú zobrazené na obrázok č. 5. Z nameraných výsledkov je zrejme, že intenzita signálu na meranom úseku nepoklesla pod úroveň  $-65,9 \text{ dBm}$  čo predstavuje úroveň  $113 \mu\text{V/m}$ . Táto úroveň je dostačujúca pre použitie uvedeného zariadenia.



Zdroj: Autori

Obr. 5. - Grafické znázornenie nameraných hodnôt orbitu na úseku PATAC – NIT.

Zariadenie NDB TST je umiestnené v priestoroch firmy MSM Martin, prevádzka Banská Bystrica. Uvedená poloha zariadenia nie je vhodná vzhľadom na okolitú zástavbu, budovy, elektrické vedenie, trolejové vedenie a existenciu priemyselného rušenia. Vzhľadom na zámer testu, ktorého účelom bolo preukázať stabilitu vysielačieho výkonu a schopnosť použiť uvedené zariadenie ako traťové resp. letiskové NDB je pre uvedený test poloha dostačujúca. Zaradenie malo na okrajoch meranej vzdialenosti 40 NM úroveň signálu pohybujúcu sa medzi -63 dBm až -65 dBm, čo zodpovedá  $158\mu\text{V/m}$  až  $113\mu\text{V/m}$ . Táto úroveň je dostačujúca v zmysle predpisu ANNEX 10/I pre zariadenia NDB.

## ZÁVER

Meranie preukázalo, že zariadenie NDB, umiestnené na testovacej pozícii, je vyhovujúce pre použitie ako radionavigačné zariadenie pre leteckú dopravu. Vyhovuje a splňuje požiadavky predpisu ANNEX 10/I (L10/I), ktorý stanovuje požiadavky na vysielačieho výkonu, kde krytie zariadenia by malo byť na hranici krytia  $70\mu\text{V/m}$  resp.  $120\mu\text{V/m}$  v priestoroch, kde je veľké rušenie. Vzhľadom na použitú anténu a frekvenciu zariadenia je vysielačieho výkonu a dosah zariadenia vyhovujúci.

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu: „Centrum excelencie pre leteckú dopravu; ITMS 26220120065“.



## POUŽITÁ LITERATURA

- (1) HAVEL K., NOVÁK, A.: *Meranie a vyhodnocovanie zariadení leteckej zabezpečovacej techniky*. In Doprava a spoje online internetový časopis 2012 č. 1 s. 119-124. - ISSN 1336-7676.
- (2) NOVÁK, A., HAVEL, K.: *Meranie a vyhodnocovanie stavu zabezpečovacej leteckej techniky* - 1. vyd. - Tvrdošín : BERETA, 2011. - ISBN 978-80-970861-0-7.
- (3) NOVÁK, A., FERENCZ, I., HAVEL, K.: *Monitorovanie navigačných a sledovacích systémov*, 1. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita v Žiline, 2010 - ISBN 978-80-554-0257-4.

- (4) KANDERA, B.: *Letecké prístroje* - 1. vyd. - Bratislava : DOLIS, 2015. - ISBN 978-80-8181-017-6
- (5) KANDERA, B.: *Flight laboratories and flight data recorders* In: *Perner's Contacts* [elektronický zdroj]. - ISSN 1801-674X. - Vol. 6, No. 5 (2011), s. 111-117.
- (6) BUGAJ, M., ROSTÁŠ, J.: *Diagnostika lietadlovej techniky* In: *Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve 2016 : medzinárodná vedecká konferencia organizovaná v rámci riešenia projektu Základný výskum tarifnej politiky na špecifickom trhu letiskových služieb VEGA 1/0838/13 : Zuberec, 27.-29. január 2016.* - Žilina: Žilinská univerzita, 2016. - ISBN 978-80-554-1143-9. - S. 64-66.