

Popis poloprovozu měření a vyhodnocení měření s IBIS-S

Michal Glöckner, Filip Antoš, Milan Talich, Ondřej Böhm, Lubomír Soukup, Jan Havrlant,
Miroslava Závorská, Jakub Šolc

Obsah

1. Návrh měřícího postupu	1
2. Seznam komponent.....	2
3. Návrh vyhodnocovací linky.....	3

1. Návrh měřícího postupu

1.1. Přípravné práce a rekognoskace

Před začátkem vlastního měření je nutná rekognoskace předmětného objektu měření a jeho okolí. Při ní se zjistí zejména přístupové cesty k objektu, jeho dostupnost a možnosti vstupu na objekt, překážky ve výhledu a přítomnost a rozestup přirozených odražečů.

1.2. Podmínky a doba měření

Sledování pohybů je nebytné provádět v době, kdy na objekt působí síly, které uvádějí objekt do pohybu, např. kmitání, nebo jej deformují. Tyto síly mohou být vyvolány buď působením povětrnostních vlivů, nebo antropogenními vlivy. V prvním případě je nutné měření provádět za dostatečně silného větru a s neproměnlivým směrem. V tom druhém je třeba měřit v časech, kdy po objektě například přejíždí vozidla. Délku měření je pak nutno zvolit dostatečně dlouhou, aby se zachytila elastická deformace objektu či tlumení či zesilování kývání a případné složené kmitání při proměnlivé síle. Délka měření ale nesmí být příliš dlouhá, aby měření nebylo příliš ovlivněno změnami atmosférických podmínek, deformacemi stativu nebo změnami v podloží, na němž je stativ umístěn. Dynamická měření radarem se obvykle provádějí po dobu desítek minut maximálně jedné hodiny. Vhodné je stanoviště ve stínu a v závětrí.

1.3. Umístění radaru

Radar se umístí zpravidla na těžký dřevěný stativ na vhodné místo. Je-li možnost volby mezi zpevněným a nezpevněným povrchem, volí se spíše zpevněný povrch. V chladnějším nebo teplejším období je vhodné nechat stativ určitou dobu temperovat na teplotu okolního vzduchu. Na stativ nesmí v průběhu měření působit vibrace (stroje, doprava) a nesmí se jej dotýkat předměty ani lidé. Při delším měření za slunečního svitu je vhodné zastínit stativ s radarem slunečníkem apod.

1.4. Volba antén a zacílení radaru

Pro měření se volí antény s širokým vertikálním rozsahem a úzkým horizontálním rozsahem. Vhodné jsou např. antény typu 5 (IBIS-ANT5-H12 V39). Radar se kolimátorem zacílí na vybraný bod např. rozhraní pater, který se následně zaměří totální stanicí. Již během cílení lze v programu Surveyor sledovat na obrazovce ovladače měnící se profil odrazivosti při různých úhlech náklonu radaru a zvolit ten nejvhodnější.

1.5. Provedení měření radarem

Zaměření pohybů se provede v dynamickém pracovním režimu se střední vzorkovací frekvencí (cca. 100 Hz), tak aby se podrobně zachytil pohyb stavby v čase měření. Při měření je potřeba zadat do programu IBIS Surveyor alespoň přibližné hodnoty geometrických parametrů a při vyhodnocení je upřesnit dle výsledků doplňkového měření. Větší pozornost je třeba věnovat pouze hodnotě dosahu radaru, protože ta určuje maximální vzdálenost zaznamenávaných dat. Dosah radaru je možno zvolit přímo podle profilu odrazivosti zobrazovaném programem IBIS Surveyor za poslední výrazné maximum poměru signálu k šumu. Pro délkovou rozlišovací schopnost musí být vždy zvolena hodnota 0,75 m z důvodu dodržení potřebného pásma radarového signálu dle předpisů EU (i ČR).

2. Seznam komponent

2.1. Interferometrický radar IBIS-S

Pro měření se používá vysoce stabilní koherentní pozemní interferometrický radar např. typ IBIS-S. Radar IBIS-S pracuje v mikrovlnném pásmu o frekvenci 17,1 – 17,3 GHz. Při měření lze radar nastavit do dvou pracovních režimů: statického a dynamického. Při dynamickém režimu radar snímá odražené signály se vzorkovací frekvencí od 10 do 200 Hz. Vzorkovací frekvenci je možno zvolit dle požadovaných nároků na podrobnost výsledků měření, její maximální možná hodnota ovšem klesá s dosahem měření (max. 200 Hz při dosahu do 150 m, max. 40 Hz při dosahu do 0,5 km, max. 16 Hz při dosahu do 1 km). Dosah měření radarem je možno dle potřeby zvolit až do maximální hodnoty 1 km. Směrodatná odchylka radarem zaměřených pohybů je dle údajů výrobce v ideálních podmínkách až 0,01 mm. Rozlišovací schopnost jednotlivých sledovaných cílů v radiálním směru, tj. ve směru záměry, je 0,75 m (šířka radiální spádové oblasti).

2.2. Antény interferometrického radaru

K radaru IBIS-S je dodávána anténa číslo 5 (IBIS-ANT5-H12 V39). Horizontální vyzařovací úhel této antény je 12° při ztrátě 3 dBi (50 %) a 25° při ztrátě 10 dBi (90 %). Vertikální vyzařovací úhel je 39° při ztrátě 3 dBi (50 %) a 69° při ztrátě 10 dBi (90 %). K radaru je v případě potřeby možno připevnit i další typy antén, které se liší zejména horizontálním a vertikálním vyzařovacím úhlem.

2.3. Ovladač Interferometrického radaru

Ovladač radaru tvoří odolný notebook Panasonic CF19 s programem IBIS Surveyor.

2.4. Upevnění radaru

Radar je upevněn na 3D hlavě. 3D hlava umožňuje otáčení radaru podél svislé osy a náklon ve dvou kolmých směrech.

2.5. Stativ

3D hlavu je možno upevnit pomocí šroubu k těžkému fotostativu.

2.6. Redukce na geodetický stativ

Ke geodetickému stativu lze polohovací hlavu upevnit pomocí redukce z menšího šroubu 3D hlavy na větší šroub geodetického stativu případně pomocí adaptéru do geodetické trojnožky. Geodetický stativ se oproti fotostativu vyznačuje větší stabilitou.

2.7. Koutové odražeče

K signalizaci sledovaných bodů se používají koutové odražeče různých velikostí, tvarů a z různých materiálů. Používají se buď nerezové, nebo lehčí hliníkové.

2.8. Mikrometr pro interferometrii

Jedná se o mikrometr zesílené konstrukce s ramenem pro připevnění koutových odražečů. Mikrometr slouží k ověření správné funkčnosti radaru.

2.9. Totální stanice

Totální stanice s možností bezhranolového měření pro zaměření objektu a jeho okolí.

2.10. Meteostanice

Meteostanice s minimální rychlostí záznamu 1 x za minutu. Měřené parametry: teplota venkovní, vlhkost venkovní, tlak absolutní, rychlost větru, srážky. Data z meteostanice slouží k analýze výsledků a také k opravám naměřených dat.

2.11. Fotoaparát

Digitální barevný fotoaparát pro pořizování fotodokumentace, případně videokamera pro záznam průjezdů vozidel apod.

3. Návrh vyhodnocovací linky

3.1. Zpracování měřených dat

Nejprve je nutno provést výpočet polární metody, tj. dat měřených totální stanicí. Ze souřadnic rohů tělesa radaru je dále nutno vypočítat souřadnice počátku radiálních spádových oblastí, který se nachází v podélné ose radaru 8 cm za přední stěnou. Kontrolou měření rohů tělesa radaru je porovnání měřených rozměrů se skutečnými rozměry. Ze souřadnic počátku radiálních spádových oblastí (R-bin) a zaměřených podrobných bodů je pak nutno vypočítat šikmé a vodorovné délky mezi těmito body, příp. i další údaje pro tvorbu náčrtů a detailů. V případě vyhodnocení laserově naskenovaného mráčka bodů, lze přímo na modelu měřit vzdálenosti od pravděpodobných míst odrazu.

Dále je možno přistoupit k výpočtu pohybů měřených radarem. K výpočtu a vyhodnocení výsledků měření pozemním interferometrickým radarem IBIS-S je možno použít výrobcem dodávaný program IBIS Data Viewer. V prvním kroku je nutno vložit do programu IBIS Data Viewer geometrické parametry měření. Načtením datového souboru měřených dat do programu IBIS Data Viewer tento program převezme parametry nastavené v terénu do programu IBIS Surveyor. Protože v terénu jsou obvykle nastaveny pouze přibližné hodnoty, je možno do programu IBIS Data Viewer zadat přesnější hodnoty určené z výsledků doplňkového měření. Upřesnit je nutno zejména vodorovnou délku mezi počátkem R-bin a sledovaným objektem. K tomu poslouží vodorovné délky měřené nepřímo totální stanicí. Nejvhodnější je zadat hodnotu vodorovné délky na spoji na střední záměrné přímce radaru, kde byl radar zacílen. Ostatní parametry zpravidla není nutno měnit a lze ponechat přibližné hodnoty zadané v terénu, protože nemají přímý vliv na výpočet a určované pohyby. Poté je možno provést zpracování měření aktivací operace „Process“.

3.2. Identifikace a výběr bodů k vyhodnocení

Protože se na objektu zpravidla nacházejí výrazné rozhraní, které tvoří dobré odražeče radarového signálu, je vhodné k vyhodnocení nejprve vybrat tyto konkrétní výrazné body a poté najít jejich odrazy na profilu odrazivosti. Odrazy od těchto prvků se na profilu odrazivosti projeví výraznými lokálními maximy. Porovnáním vodorovných délek mezi počátkem R-Bin a totální stanicí zaměřenými podrobnými body na vybraných spojích a délek měřených radarem se pak potvrdí. Pokud na objektu nejsou výrazné odrazy radarového signálu, instalují se na něj do vhodných míst koutové odražeče.

3.3. Analýza a vyhodnocení výsledků

Program IBIS Data Viewer rozlišuje vyhodnocení výsledků na tzv. dynamickou a modální analýzu. Dynamická analýza vybraných rozlišovacích buněk slouží k analýze a vyhodnocení výsledků dynamického měření. Při dynamické analýze je možno zobrazit výsledky měření na dvou druzích grafu – polárním a kartézském a exportovat je do grafů a textových souborů. Dynamickou analýzu je možno provést pouze pro určitý zvolený časový úsek měřených dat a zvolený rozsah frekvencí od nuly po polovinu snímací frekvence (maximálně tedy pro 100 Hz při snímací frekvenci 200 Hz). Dynamická analýza obsahuje důležitou funkci „Remove Clutter“, která měření opraví tak, že odstraní statickou složku způsobenou přítomností silného stabilního odražeče v dané rozlišovací buňce. Tuto funkci je v případě potřeby nutno aktivovat pro každou vyhodnocovanou rozlišovací buňku zvlášť.

Prvním výstupem dynamické analýzy je polární graf, který zobrazuje vztah fáze resp. fázového posunu a amplitudy přijatého signálu. Tento graf slouží zejména k posouzení kvality sledovaných bodů. Pokud se na polárním grafu zobrazí shluk bodů ve tvaru oblouku či kružnice s malým rozptylem v radiálním směru, znamená to, že v dané rozlišovací buňce je přítomen kvalitní odražeč, který se plynule pohybuje. Dalšími výstupy jsou kartézské grafy časové závislosti amplitudy přijatého signálu a fáze fázoru přijatého signálu a kartézské grafy závislosti, pohybu, rychlosti a zrychlení sledovaného cíle na čase ve směru záměry nebo v projekčním faktorem promítnuté podobě. K frekvenční analýze slouží tzv. periodogramy výše zmíněných veličin. Data všech grafů zobrazovaných programem IBIS Data Viewer je možno exportovat do textových souborů pro další zpracování.

POPIS KOMPONENT POLOPROVOZU IBIS-S

Ing. Michal Glöckner

Obsah:

- 1 - Redukce na geodetický stativ
- 2 - Mikrometr pro interferometrii
- 3 - Koutové odražeče

Popis:

1 Redukce na geodetický stativ

Ke geodetickému stativu lze polohovací hlavu upevnit pomocí redukce z menšího šroubu 3D hlavy na větší šroub geodetického stativu případně pomocí adaptéru do geodetické trojnožky.

2 Mikrometr pro interferometrii

Jedná se o mikrometr zesílené konstrukce s ramenem pro připevnění Koutových odražečů

3 Koutové odražeče

K signalizaci sledovaných bodů se používají koutové odražeče různých velikostí, tvarů a z různých materiálů.

Fotodokumentace:

- 1 - Redukce na geodetický stativ
- 2 - Mikrometr pro interferometrii
- 3 - Koutové odražeče

Přílohy:

- 1 - Redukce na geodetický stativ
- 2 – Schéma mikrometru pro interferometrii
- 3 - Koutové odražeče

Fotodokumentace

1 Redukce na geodetický stativ



2 Mikrometr pro interferometrii



3 Koutové odražeče



Přílohy

Adaptér na stativ s redukcí 5/8" na 3/8"

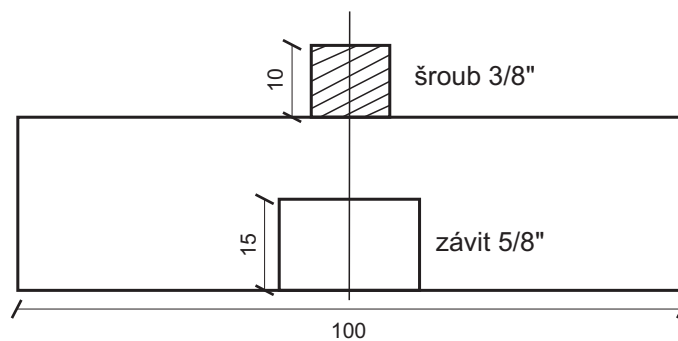
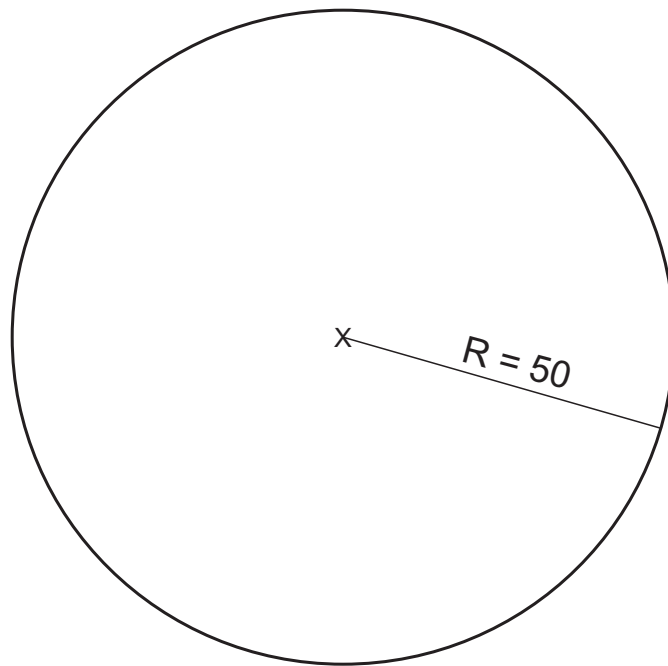
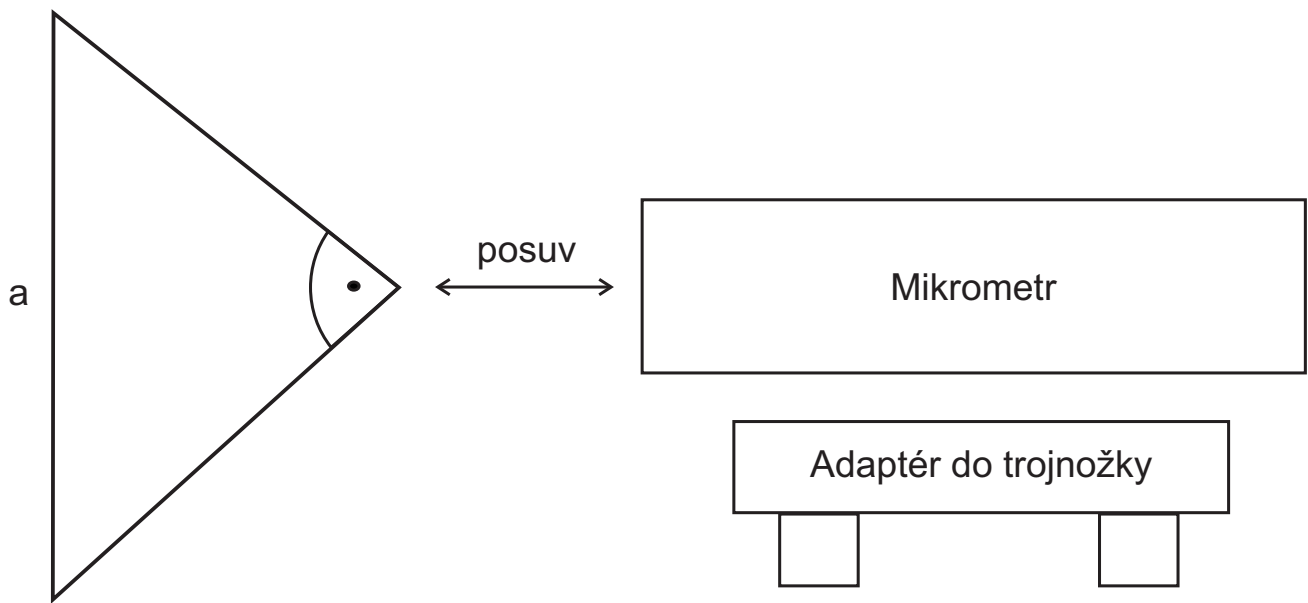
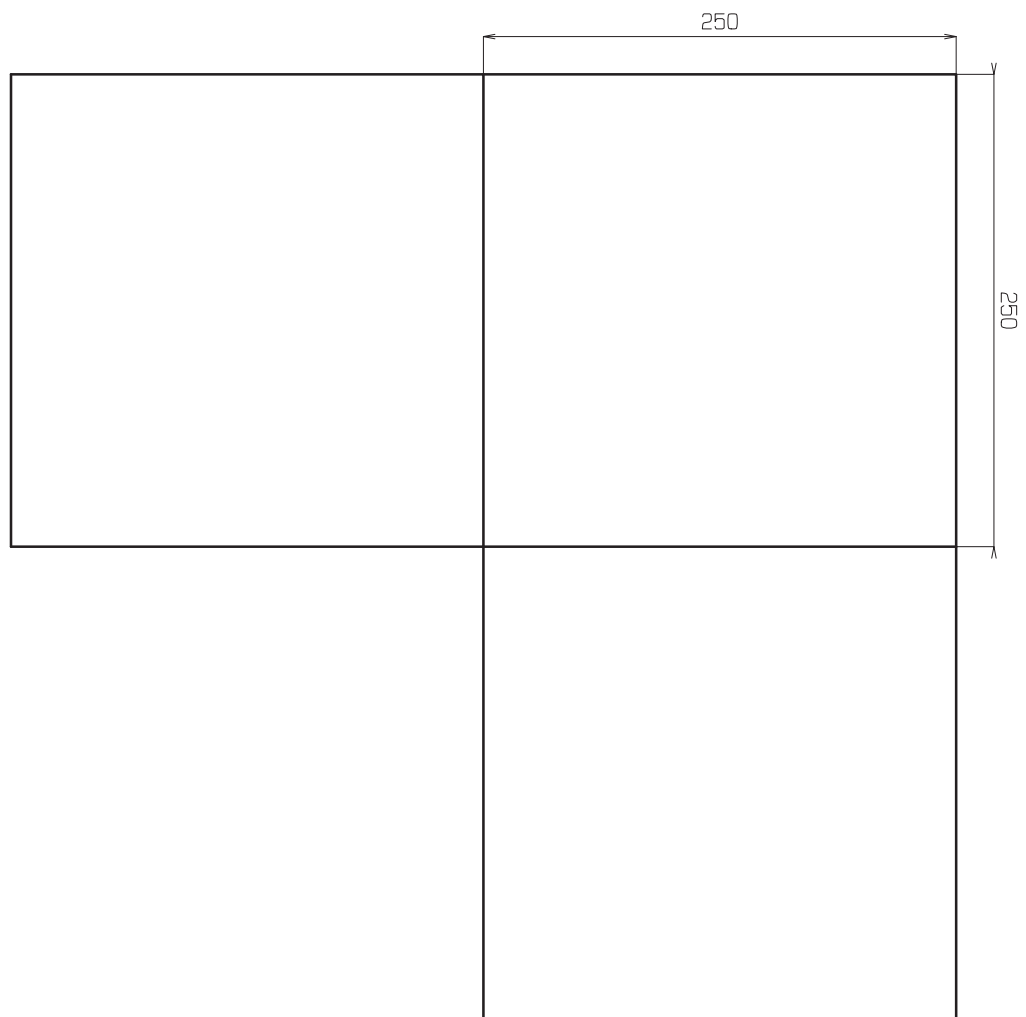


Schéma koutového odražeče s mikrometrem



$a = 20, 30, 40 \text{ cm}$

KOUTOVÝ ODRAŽEČ



Pozn.:

- hliníkový plech 2mm
- dodržet pravé úhly a všechny spoje svařit

1:4



Geodézie Ledec nad Sázavou, spol. s. r. o.

Petra Bezruče 1110
584 01 Ledec nad Sázavou
IČ: 27493989

PROTOKOL

o ověření poloprovozu

Název poloprovozu: Poloprovoz IBIS-S

Řešitel: Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, veřejná výzkumná instituce
(ÚTIA AV ČR, v. v. i.)
Pod Vodárenskou věží 4,
182 08 Praha 8
IČ: 67985556

Výše uvedený poloprovoz je předmětem Smlouvy o spolupráci a využití výsledků výzkumu a vývoje uzavřené mezi řešitelem ÚTIA AV ČR, v. v. i. a uživatelem Geodézií Ledec nad Sázavou ze dne 27. 7. 2011 ve znění Dodatku č. 2 ze dne 15. 4. 2016. Poloprovoz byl ověřen a byla prokázána jeho realizovatelnost a uplatnitelnost v oblasti působnosti Geodézie Ledec nad Sázavou.

Osoba odpovědná za správnost protokolu:

Dne: 15. dubna 2016

Martin Závorský

jednatel Geodézie Ledec nad Sázavou

GEODÉZIE
Ledec nad Sázavou s.r.o.
Petra Bezruče 1110
584 01 Ledec nad Sázavou
IČ: 27493989