

Kalibrace přijímače meteorologického radaru Brdy

Tomáš Hejda, Ing. Petr Havránek (radarové oddělení ČHMÚ)

(hejdat1@fel.cvut.cz, havranekp@chmi.cz)

25. ledna 2009

1 Úvod

Na meteorologickém radaru Brdy byl v prosinci roku 2007 instalován nový digitální přijímač a signálový/řídicí procesor RVP8 [2]. Přijímač bylo nutné kalibrovat, aby mohl poskytovat korektní hodnoty radiolokační odrazivosti a tím i přesnou informaci o intenzitě srážek. Konkrétní postup kalibrace však dosud nebyl přesně specifikován, neboť RVP8 je univerzální přijímač použitelný ve velkém množství meteorologických radarových systémů a dokumentace je z toho důvodu příliš obecná.

Cílem práce bylo provést měření ztrát ve vlnovodu, spojujícím anténu s přijímačem, a převodní charakteristiky přijímače, jejichž výsledky byly potřebné pro korektní kalibraci, a postup měření i kalibrace zpracovat do kompaktního celku. Zároveň bylo nutné upozornit na možná úskalí spjatá s měřením na vysokofrekvenční trase radarového systému, aby se v co největší míře eliminovaly chyby a problémy. Na měření byly použity přístroje ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav) a konkrétně na měření převodní charakteristiky byl mimo jiné použit řídicí software IRIS [2] procesoru RVP8. Navržená metodika měření a postup kalibrace byly zakomponovány do technologických postupů údržby radaru.

2 Radiolokační odrazivost

Radiolokační odrazivost Z je fyzikální veličina, která popisuje charakter oblačnosti. Je přímo úměrná intenzitě srážek. Signálový procesor meteorologického radaru počítá radiolokační odrazivost z radarové rovnice [3]

$$Z = K S r^2, \quad (1)$$

kde K představuje radarovou konstantu, která je dána technickými parametry radaru, S je výkon meteorologického signálu přijatý radarem a r je vzdálenost meteorologického cíle od radaru. Ze vztahu (1) lze vyjádřit kalibrační konstantu I_0 , což je výkon přijímaného šumu, a kalibrační činitel radiolokační

odrazivosti Z_0 , který odpovídá minimální detekovatelné Z v referenční vzdálenosti (1 km) při odstupu signál - šum 0 dB [3]:

$$Z_0 = \frac{K r_0^2 N}{G^r G^t} = K r_0^2 I_0, \quad (2)$$

kde r_0 je referenční vzdálenost nastavená na 1 km, N je výkon šumu radarového systému, G^r resp. G^t je zisk systému v přijímacím resp. ve vysílacím směru.

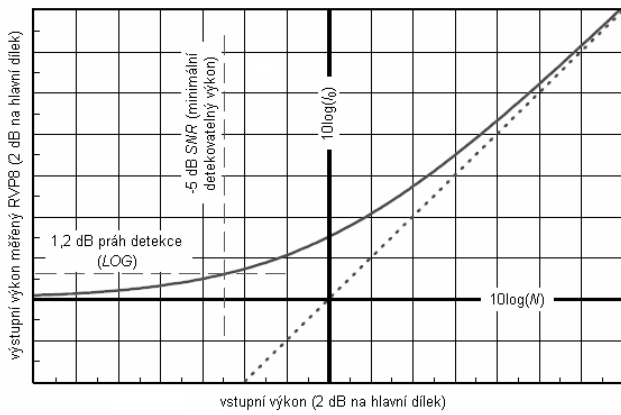
Konstanta I_0 se určí z převodní charakteristiky přijímače změřené během kalibrace, jak bude popsáno dále. Obrázek 1 vysvětluje souvislost I_0 s převodní charakteristikou.

3 Měření ztrát ve vlnovodu

Generátor signálu se z důvodu snadnější manipulace připojuje přímo na vstup přijímače, výkonová úroveň přijímaného šumu I_0 se však vztahuje ke vstupu antény. Z toho důvodu je nutné před samotnou kalibrací změřit ztráty ve vlnovodu v přijímacím směru, aby mohla být konstanta I_0 korigována. Ztráty ve vysílacím směru pak figurují ve vztahu pro radarovou konstantu K [3]. Ztráty se do programu zadávají ještě před měřením převodní charakteristiky, program je tak schopen spočítat rovnou korigovanou hodnotu I_0 .

Během měření ztrát ve vlnovodu bylo třeba dbát na to, aby střední výkon snímaný senzorem nepřekročil mezní hodnotu udávanou výrobcem daného senzoru. Z toho důvodu bylo v některých případech nutné před senzor připojit útlumový člen. Posléze bylo třeba uvést radar pomocí softwaru IRIS do servisního režimu, zastavit rotaci antény a vypnout generování vysílacího výkonu. Ten bylo nutné při některých měřeních opět zapnout.

Měření ztrát ve vlnovodu při vysílání bylo provedeno na dvou směrových odbočnicích: na odbočnici u antény a na odbočnici nacházející se za čtyřramenným cirkulátorem, jenž odděluje vysílací větev od přijímací. Výkon magnetronu je vztahován právě k odbočnici za cirkulátorem, neboť se jedná o první



Obrázek 1: Část převodní charakteristiky přijímače meteorologického radaru v blízkosti hladiny šumu (převzato z [3] a upraveno). Křivka plnou čarou znázorňuje převodní charakteristiku reálného přijímače. Přímka vynesená přerušovanou čarou označuje převodní charakteristiku ideálního bezšumového přijímače. Horizontální asymptota k převodní charakteristice reálného přijímače odpovídá jeho šumu N měřenému při nulovém vstupním výkonu. Vstupní výkon v průsečíku obou přímk je konstanta I_0 . Je třeba si uvědomit, že I_0 je výkon signálu dávající odstup signál - šum 0 dB a neměl by tedy být zaměňován za minimální detekovatelný výkon, který může být až o 5 dB menší. Minimálnímu detekovatelnému výkonu odpovídá práh detekce LOG na výstupu přijímače, jehož hodnota je nastavitelná.

bod, v němž ho lze přesně změřit. Při známých útlumech obou odbočnic bylo možné dopočítat výkony ve vlnovodu v místech těchto odbočnic. Z rozdílu výkonů se určily ztráty ve vysílacím směru. Jejich hodnota vyšla 0,60 dB.

Před měřením ztrát ve vlnovodu při příjmu se ke směrové odbočnici u antény připojil generátor, pomocí něhož se do vlnovodu pouštěl předem definovaný výkon na pracovním kmitočtu radaru 5660 MHz. Na výstupu vlnovodu pro přijímač byl měřen prošlý výkon. Z rozdílu obou výkonů se vypočetly ztráty ve vlnovodu při příjmu. Hodnota těchto ztrát vyšla 1,48 dB.

4 Měření převodní charakteristiky přijímače

Do měřicího softwaru se zadaly změřené hodnoty ztrát. Generátor sinusového signálu 5660 MHz byl připojen na vstup přijímače a pomocí měřicího pro-

gramu Zauto [2] se změřila převodní charakteristika. Na generátoru se postupně nastavovaly hodnoty výkonu s krokem 5 dB v intervalu od -130 dBm do -45 dBm a v programu se stisknutím tlačítka „Sample“ odebíraly vzorky výstupního mezifrekvenčního výkonu. V souladu s obrázkem 1 se automaticky vypočetla kalibrační konstanta $I_0 = -110,09$ dBm a rovněž $Z_0 = -43,36$ dBZ.

5 Závěr

Na meteorologickém radaru Brdy byly změřeny ztráty ve vlnovodu ve vysílacím a přijímacím směru a převodní charakteristika přijímače. Výsledkem vykonané práce je hodnota kalibračního činitele radiolokační odrazivosti $Z_0 = -43,36$ dBZ. Díky provedené kalibraci je přijímač radaru Brdy schopen produkovat správné hodnoty radiolokační odrazivosti. Tato data jsou využívána např. Řízením letového provozu České republiky nebo Českou televizí.

Reference

- [1] Český hydrometeorologický ústav. *CHMI Radar Department* [online]. ©1997-2007, poslední úpravy 14.8.2007 [cit. 2007-12-31]. <<http://www.chmi.cz/meteo/rad>>.
- [2] SIGMET, Inc., člen nadnárodní skupiny Vaisala, Helsinky, Finsko.
- [3] Vaisala, Inc. *RVP8 Digital IF Receiver/Doppler Signal Processor, User's Manual* [online]. [USA?]: Vaisala, Inc., 2007. Dodalo Oddělení radarových měření ČHMÚ.