

Derotátor, skener a depolarizátor obrazu Slunce

M. Klvaňa, Astronomický ústav Akademie věd České republiky,

observatoř Ondřejov, Česká republika, mklvana@asu.cas.cz

M. Sobotka, Astronomický ústav Akademie věd České republiky,

observatoř Ondřejov, Česká republika, msobotka@asu.cas.cz

V. Bumba, Astronomický ústav Akademie věd České republiky,

observatoř Ondřejov, Česká republika, bumba@asu.cas.cz

Abstrakt:

V současné době probíhá na Tenerife na Kanárských ostrovech rekonstrukce Gregoryho dalekohledu. Na projektu GREGOR, jak se tato akce nazývá, spolupracují s německými kolegy i autoři tohoto příspěvku. Jedním z úkolů, které pro tento projekt řešíme, je derotátor obrazu. Protože toto zařízení může pracovat i jako rotátor a skener obrazu, je jeho konstrukce zajímavá i pro horizontální dalekohledy se spektrografy typu HSFA. V této práci uvádíme princip konstrukce, vlastnosti a základní charakteristiky zařízení.

ÚVOD

Azimutální montáž a následný optický systém dalekohledu Gregor způsobují otáčení obrazu Slunce v obrazové rovině dalekohledu proměnnou rychlostí. Toto otáčení je v mnoha případech nežádoucí. K jeho odstranění bude sloužit počítačem řízený derotátor obrazu, umístěný před ohniskovou rovinou dalekohledu.

Vzhledem k tomu, že se předpokládá několik prostorově dislokovaných výstupů dalekohledu, předpokládáme výrobu několika derotátorů, které budou na těchto výstupech namontovány na pojezdech, umožňujících jejich vysouvání z optické dráhy dalekohledu bez nutnosti je přenášet a riskovat tak jejich rozjustování nebo poškození.

Jinou, v současnosti diskutovanou variantou, je umístění derotátoru do sbíhavého svazku ještě před diagonálním zrcadlem. V takovém případě vystačíme s jedním kusem, který bude mít možnost mechanického vysunutí. Derotátor je nutno doplnit depolarizátorem světla, který odstraní polarizaci, vzniklou na jeho zrcadlech.

PRINCIP DEROTÁTORU

Derotátor je tvořen systémem tří zrcadel, zkreslených na obr.1. Při otáčení derotátoru kolem jeho optické osy se výstupní obraz otáčí s dvojnásobnou úhlovou rychlostí. Znamená to, že k otočení obrazu na vstupní šterbině o 360 stupňů stačí těleso derotátoru otočit jen o 180 stupňů.

Úhly dopadu na všechna tři zrcadla jsou mnohem větší, než nula a proto na tomto typu derotátoru dochází

k nezanedbatelné polarizaci. Při polarizačních měřeních je proto třeba do optické cesty zařadit kompenzátor polarizace, který tuto přídavnou polarizaci odstraní.

POŽADAVKY NA DEROTÁTOR

Technické parametry derotátoru jsou určovány vlastnostmi dalekohledu GREGOR a musí splňovat následující požadavky:

Průměr vstupního svazku pro derotátor obrazu:
80 mm až 120 mm

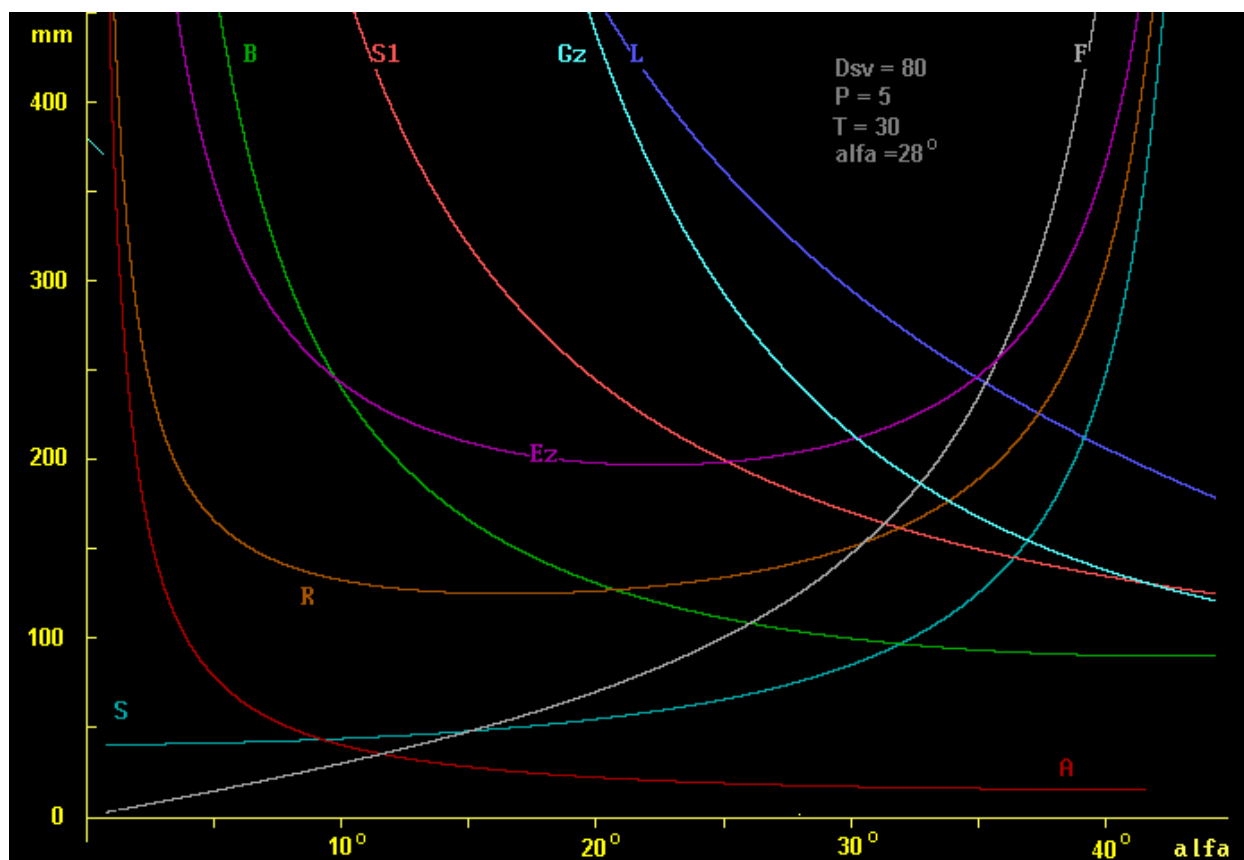
Maximální rychlost otáčení obrazu v dalekohledu:
250 obl. sec/sec

Maximální možná chyba posuvu bodu na optické ose v ohniskové rovině dalekohledu vlivem otáčení rotátoru:
0.03 mm (jeden pixel obrazu = 0,01 obl.sec

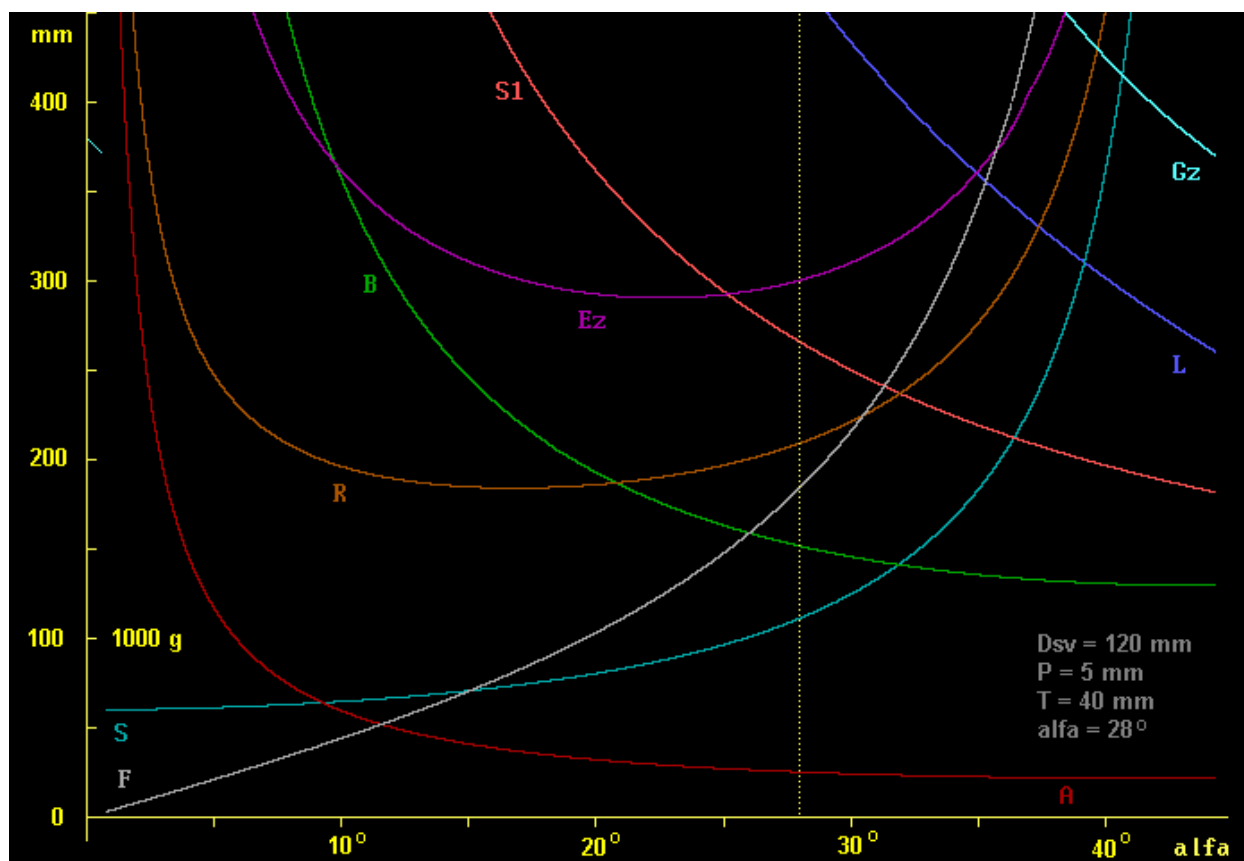
Nesouosost vstupní a výstupní optické osy rotátoru:
maximálně 0.1 stupňů.

Přesnost opracování rovinných ploch: $\lambda / 16$

Některé z uvedených požadavků jsou značně vysoké a kladou velké nároky na technologii výroby a konstrukci celého zařízení derotátoru.



Obr. 3: Důležité rozměry optického bloku derotátoru pro $D_{sv} = 80$ mm v závislosti na úhlu α .



Obr. 4: Důležité rozměry optického bloku derotátoru pro $D_{sv} = 120$ mm v závislosti na úhlu α .

OPTIMALIZACE PARAMETRU OBRAZU

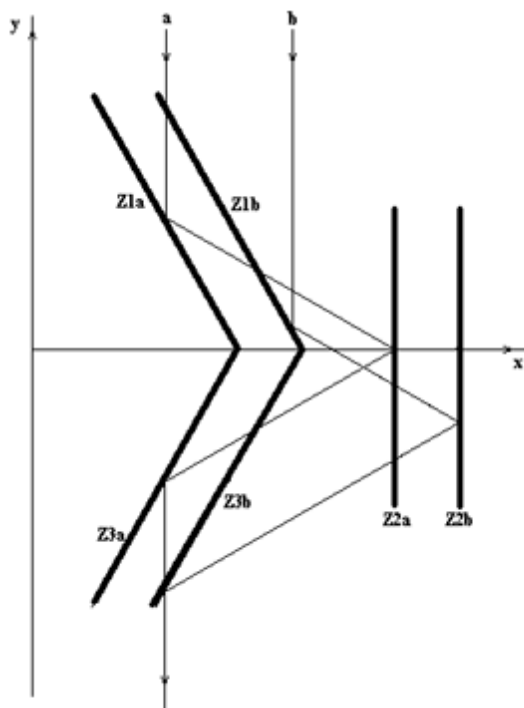
Při výpočtu konstrukčních rozměrů derotátoru, uvedených v tabulce, byl výchozím parametrem zadaný průměr vstupního svazku, který má být bez vinětače zobrazen. Velikost úhlu α bude vybírána s ohledem na posuv ohniskové roviny po vložení derotátoru a na maximální rozměry zrcadel, které je možno se zadanou přesností vyrobit a proměřit. Při optimalizaci bude také vzata do úvahy celková váha zařízení.

PRINCIP OPTICKÉHO SKENERU

Optický systém derotátoru může pracovat také jako velmi přesný skener obrazu, posouvající obraz Slunce po vstupní štěrbíně spektrografu. Pro jeho správnou funkci je třeba, aby bylo možno celý derotátor velmi přesně posouvat rovnoběžně s ohniskovou rovinou dalekohledu, ve směru kolmém ke vstupní štěrbíně spektrografu.

Chod paprsků pro počáteční a posunutou polohu zrcadel je zakreslen na obr.5 tak, aby výstupní paprsek z derotátoru dopadal v obou případech do téhož místa - na vstupní štěrbinu spektrografu.

Při posuvu skeneru obrazu o vzdálenost Δx se skenovaný obraz posune o $2 \Delta x$, tzn. o dvojnásobnou vzdálenost.



Obr. 5: Použití optického systému derotátoru pro skenování obrazu. Písmenem "a" je označena počáteční poloha zrcadel a písmenem "b" průběžná poloha při skenování obrazu ve směru osy x. Na vstupní štěrbinu spektrografu dopadá v první poloze zrcadel paprsek "a", ve druhé poloze paprsek "b".

DEPOLARIZÁTOR OBRAZU

Polarizace světla na zrcadlech derotátoru způsobuje nezanedbatelný fázový posuv mezi Stokesovými parametry polarizace světla Q a U, který pak negativně ovlivňuje Stokesův parametr V procházejícího světla. Pokud budeme měřit Stokesův parametr V (např. měření podélné složky magnetického pole) až za derotátorem, je třeba tento fázový posuv kompenzovat. Pro tento účel byl v původním Gregoryho dalekohledu, předchůdci GREGORA, používán Bowenův kompenzátor polarizace, popsán Koschinským a Kneerem (1996).

Bowenův kompenzátor používá dvě nezávisle otočné $\lambda/8$ destičky, jejichž natočením je možno vytvořit fázový posuv, kompenzující posuv, vzniklý polarizací na zrcadlech. Konkrétní závislost fázového posuvu na vlnové délce, získaná proměřením polarizace, je pro tento typ derotátoru uvedena v citované práci.

ZÁVĚR

Derotátor obrazu spolu s depolarizátorem světla tohoto typu je u nás v současné době realizován. Popisovaný derotátor spolu s navazujícím depolarizátorem je možno použít také jako rotátor a skener pro další zařízení, jako jsou např. Horizontální dalekohledy se spektrografy HSFA dodané firmou C. Zeiss – Jena.

Skener uvedeného typu může podstatně zlepšit výslednou kvalitu snímání obrazu, neboť pointační systém dalekohledu může pracovat ve statickém režimu, který je přesnější, než režim dynamický a pohyb stabilizovaného slunce po vstupní štěrbíně spektrografu se provádí pouze skenerem a ne celým dalekohledem.

Poděkování:

Rádi bychom poděkovali Franzi Kneerovi za laskavé poskytnutí podrobných informací o derotátorech a depolarizátorech a dále grantovým agenturám MŠMT, GAČR a GAAVČR a AVČR za projekty MŠMT LA 124, GAČR 205/01/0658, GAAVČR A3003903 a za Klíčový projekt AVČR K2043105, na jejichž základě byla tato práce úspěšně realizována..

LITERATURA:

Koschinsky M., F. Kneer F., 1996, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 119, 171-176 (1996)