

Celodiskový dalekohled pro teleskop EST

¹Klvaňa M., ¹Sobotka M., ²Melich Z., ²Melich R., ²Rail Z.

¹Astronomický ústav AVČR, v.v.i., observatoř Ondřejov, Česká republika

²Ústav fyziky plazmatu AVČR, v.v.i., Turnov, Česká republika

Abstrakt:

V současné době byly zahájeny práce na projektu teleskopu EST. Součástí teleskopu bude víceúčelový celodiskový dalekohled, jehož návrhem se v současné době zabýváme. V této práci formulujeme požadavky na víceúčelový celodiskový dalekohled, uvádíme optické schéma dalekohledu, popis jeho základních funkcí a blokové schéma elektroniky, která tyto funkce bude podporovat.

1. ÚVOD

V roce 2008 byly zahájeny projekční práce na evropském slunečním teleskopu EST (European Solar Telescope). Teleskop o průměru 4m bude jedním ze dvou největších slunečních dalekohledů na světě. Na Kanárských ostrovech, kde bude pravděpodobně umístěn, bude největším slunečním dalekohledem.

Teleskop EST bude výsledkem činnosti organizace EAST (European Association for Solar Telescopes), koncentrující činnost evropských zemí do oblasti stavby a využití slunečních teleskopů. Členy EAST jsou Česká republika, Francie, Holandsko, Chorvatsko, Itálie, Maďarsko, Německo, Norsko, Rakousko, Slovensko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko a Velká Británie [1].

Hlavním úkolem teleskopu EST bude spektrální analýza a spektropolarimetrie sluneční fotosféry a chromosféry s velmi vysokým prostorovým a časovým rozlišením, prováděná simultánně v několika úsecích viditelného a infračerveného spektra. Z hlediska využití dalekohledu specifikují požadavky na jeho funkce týmy vědeckých odborníků uvedených zemí. V současné době jsou vypracovávány studie těchto požadavků a návrhy na jejich řešení. Zorné pole hlavního dalekohledu nebude zobrazovat celé Slunce, ale pouze jeho malou část.

Informace o celém Slunci bude poskytovat celodiskový dalekohled, který bude umístěn na montáži společně s hlavním dalekohledem. Celodiskový dalekohled bude sloužit jako hledáček k orientaci na slunečním disku a v jeho okolí a kromě toho bude plnit další důležité funkce.

Návrhem celodiskového dalekohledu byla pověřena Česká republika. Navrhovanou koncepcí celodiskového

dalekohledu a jeho základní vlastnosti popisujeme v následujících odstavcích.

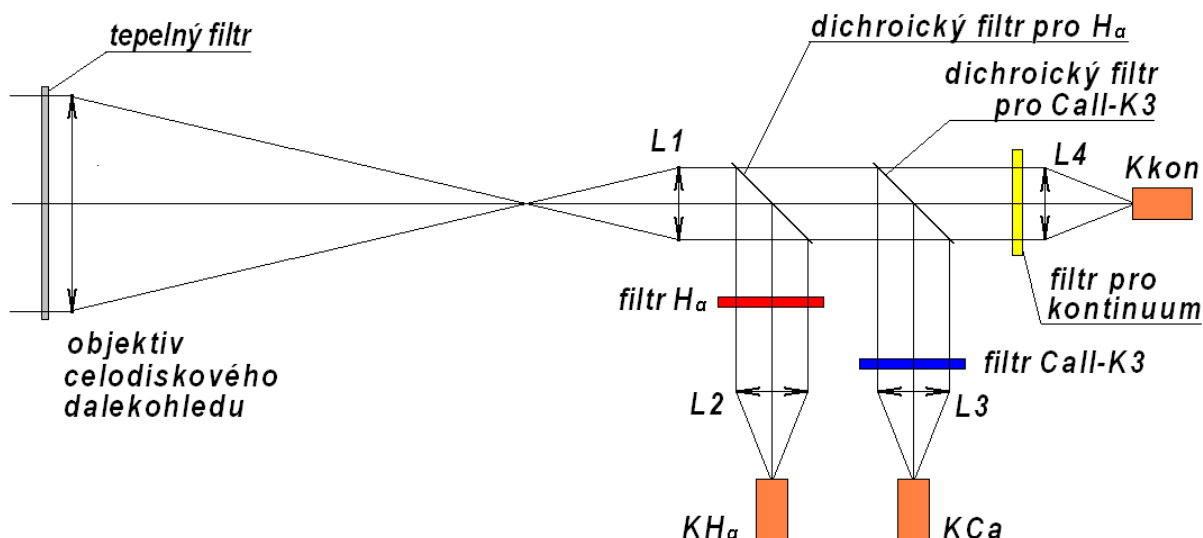
2. KONSTRUKCE CELODISKOVÉHO DALEKOHLEDU

2.1. Optický systém celodiskového dalekohledu

Optický systém celodiskového dalekohledu, znázorněný na obr.1, tvoří objektiv s tepelným filtrem, korektor zvětšení obrazu se vstupní čočkou L1 a výstupními čočkami L2, L3 a L4 pro spektrální kanály H α , CaII-K a pro kontinuum. Zvětšení po průchodu korektorem musí být ve všech spektrálních kanálech identické. Rozdělení světla do spektrálních kanálů probíhá přes dichroické filtry a úzkopásmové filtry jednotlivých kanálů. Na výstupu dalekohledu budou namontovány tři CCD kamery s předpokládaným rozlišením 4096x4096 pixelů.

Korektor zvětšení vytváří rovnoběžný svazek světla, vhodný pro použité filtry a zároveň umožní přesné nastavení velikosti slunečního disku na čipu CCD kamer. Zvětšení korektoru bude záležet na parametrech čipu kamer v době realizace projektu, které dnes neznáme.

Ohnisková vzdálenost objektivu celodiskového dalekohledu bude přibližně jeden metr a přesné nastavení zvětšení celého optického systému bude provedeno korektorem zvětšení. Jeho teoretické rozlišení by mělo korespondovat s rozlišením CCD kamery. Z toho plyne, že průměr objektivu bude kolem 150 m.



Obr.1: Optické schéma celodiskového dalekohledu pro teleskop EST

2.2. Pracovní režimy celodiskového dalekohledu

Celodiskový dalekohled bude namontován na vlastní montáži, která bude upevněna spolu s hlavním dalekohledem na montáži teleskopu EST. Toto uspořádání dovoluje pracovat s celodiskovým dalekohledem ve dvou režimech – v režimu se zapnutou pointací, kdy osa dalekohledu směřuje na střed slunečního disku a v režimu s vypnutou pointací, kdy osy hlavního dalekohledu a celodiskového dalekohledu jsou nastaveny rovnoběžně.

Teleskop EST bude vybaven dvěma souřadnicovými systémy a to souřadnicovým systémem hlavního dalekohledu SSHD a souřadnicovým systémem celodiskového dalekohledu SSCD.

Souřadnicovým systémem SSHD je možno používat vždy, může však být ve srovnání se SSCD méně přesný. Nevýhodou SSCD je omezení jeho použití na oblast, zobrazenou na obrazovkách monitorů celodiskového dalekohledu se slunečním diskem v jejich středu (obr.2).

Režim se zapnutou pointací dovoluje používat SSCD i SSHD, ovšem v omezeném okolí slunečního disku. Režim s vypnutou pointací neomezuje dostupné okolí slunečního disku, ale může používat pouze SSHD. Podrobně je celý odstavec 2.2. rozpracován v [4].

3. FUNKCE CELODISKOVÉHO DALEKOHLEDU

Celodiskový dalekohled bude sloužit k orientaci pozorovatele na slunečním disku a v jeho okolí a bude vykonávat další funkce, usnadňující práci pozorovatele a podstatně rozšiřující pracovní možnosti teleskopu EST.

Celodiskový dalekohled bude vykonávat tyto základní funkce:

- poziční měření na slunečním disku a v jeho okolí v souřadnicovém systému SSCD
- identifikace téhož objektu v různých spektrálních oblastech
- navedení hlavního dalekohledu na požadovaný objekt
- monitoring aktuálního stavu se záznamem vývoje dlouhodobě pozorovaných jevů
- monitoring a záznam aktivních procesů, zvláště erupcí a aktivních protuberancí
- testování souřadnicového systému hlavního dalekohledu teleskopu EST

3.1. Poziční měření celodiskovým dalekohledem

Pro poziční měření celodiskovým dalekohledem používáme SSCD. Tato měření je možno provádět pouze v řídicím režimu celodiskového dalekohledu se zapnutou pointací (viz odstavec 2.2.). Pohyby montáže celodiskového dalekohledu udržují střed slunečního disku v referenční poloze na středu obrazovky. SSCD odečítá polohu obou os této montáže a převádí je na souřadnice.

Vzhledem k tomu, že poziční měření budeme provádět i mimo sluneční disk, použijeme kartézský souřadnicový systém s počátkem ve středu slunečního disku a osou x ve směru řádků obrazovky monitoru celodiskového dalekohledu.

Obrazy slunečních disků na jednotlivých obrazovkách teleskopu EST mohou být navzájem pootočený. Pro sjednocení jejich polohy bude obraz slunečního disku na každé obrazovce monitoru pootočen tak, aby průmět osy rotace Slunce do roviny slunečního disku byl totožný s osou y souřadnicového systému.

Poloha kurzoru na monitorech $M_{H\alpha}$, M_{Ca} a M_{kon} (obr.2) označuje tutéž pozici v obrazech různých

vlnových délek. Jeho souřadnice bude zobrazena na monitoru řídicího počítače jako numerický displej celodiskového dalekohledu NDCD. V případě, že se kurzor bude nacházet na slunečním disku, budou na displeji NDCD zobrazeny současně i souřadnice heliografické.

Kromě pozičního měření celodiskovým dalekohledem je k dispozici poziční měření hlavním dalekohledem. K tomu účelu slouží souřadnicový systém hlavního dalekohledu SSHD, jehož souřadnice, zobrazované na numerickém displeji hlavního dalekohledu NDHD, se od souřadnic na NDCD mohou lišit pouze odchylkou v určení středu slunečního disku [4]. Numerický displej NDHD je rovněž umístěn na monitoru řídicího počítače.

3.2. Identifikace téhož objektu v různých spektrálních oblastech

Poloha kurzoru na obrazovkách monitorů MH_{α} , MCA a $Mkon$ odpovídá téže souřadnici na Slunci (obr.2). Při změně polohy teleskopu EST se na všech obrazovkách posouvá kurzor současně a sleduje zde oblast, která je ve středu zorného pole hlavního dalekohledu. Proto můžeme polohu kurzoru použít také pro identifikaci objektů a identifikovat tatáž místa v obrazech, které se vizuálně mohou značně lišit

3.3. Nastavení teleskopu EST na požadovaný objekt

Nastavení teleskopu můžeme provést buď "naslepo", podle známých souřadnic nebo vizuálně. Ve všech případech můžeme k nastavení použít pohyby montáže teleskopu EST. Při nastavování "naslepo" ovládáme pouze pohyby montáže teleskopu a na obrazovkách sledujeme pohybující se obraz Slunce. Při nastavování podle známých souřadnic máme k dispozici dva numerické displeje NDCD a NDHD, jejichž požadovanou hodnotu nastavíme pohybem teleskopu. Při vizuálním nastavování jsou k dispozici dva pracovní režimy, popisované v odstavci 2.2. Z hlediska obsluhy se tyto režimy liší polohou slunečního disku na obrazovkách monitorů MH_{α} , MCA a $Mkon$ (obr.2). V režimu se zapnutou pointací bude sluneční disk vždy v referenční poloze ve středu obrazovky a pohyblivým kurzorem bude označeno místo, které se nalézá právě ve středu zorného pole hlavního dalekohledu (obr.2). V režimu s vypnutou pointací se bude sluneční disk po obrazovce pohybovat a místo, kde se právě nalézá střed zorného pole hlavního dalekohledu bude ve středu obrazovky označeno nepohyblivým kurzorem.

3.4. Monitoring aktuálního stavu na Slunci

Aktuální obraz Slunce ve fotosféře a chromosféře bude možno vizuálně sledovat v reálném čase na monitorech MH_{α} , MCA a $Mkon$. Aktuální snímky z kamer KH_{α} , KCa a $Kkon$, digitalizované v reálném

čase, budou testovány z hlediska jejich ostrosti a nejlepší snímky každé z kamer, spadající do časového intervalu 15 min. budou archivovány na disku. Prohlížeč těchto snímků umožní přehledně sledovat historii vývoje sluneční aktivity ve všech třech spektrálních oblastech.

3.5. Monitoring aktivních procesů

Vlastnosti monitoringu aktivních procesů závisí na pozorovaných jevech. Celodiskový dalekohled bude mít rozlišení řádově 1". Proto ve fotosféře nebudeme monitorovat detaily vývoje struktur slunečních skvrn. To bude náplní práce dalekohledu EST. Ve fotosféře budeme sledovat pouze dlouhodobý vývoj slunečních skvrn pomocí monitoringu aktuálního stavu, viz kapitola 3.4.

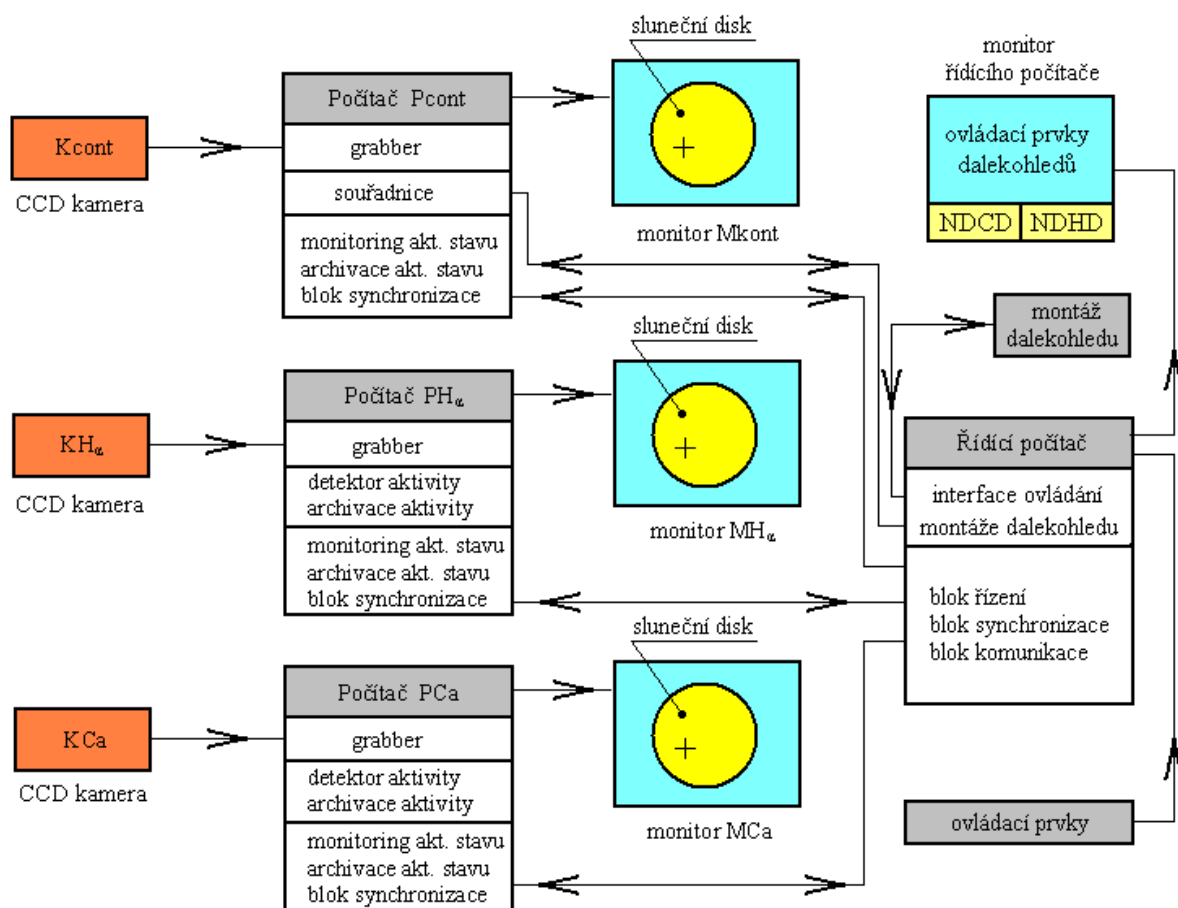
Chromosférická aktivita má poněkud jiný charakter. Rozměry erupcí, aktivních filamentů a protuberancí často přesáhnou zorné pole dalekohledu EST. Proto je žádoucí zachytit počátek aktivních chromosférických procesů ještě před jejich začátkem a zaznamenávat jejich průběh.

Monitoring sluneční aktivity je založen na principu digitalizace snímků z kamer KH_{α} , KCa s hustotou vzorkování cca 15 sec a jejich ukládání do zásobníkové paměti počítače. Celkem je v daném okamžiku v zásobníkové paměti počítače uloženo cca 60 snímků pro každou z kamer. Uložené snímky se cyklicky přepisují novými tak, že je vždy přepsán nejstarší snímek, uložený v zásobníkové paměti.

V okamžiku, kdy detektor aktivity, analyzující digitální snímky z kamer KH_{α} , KCa , zachytí počátek aktivního jevu, se přepisování snímků zastaví, snímky ze zásobníkové paměti se přenesou do datové paměti a další digitalizované snímky se zapisují do datové paměti až do okamžiku, kdy detektor aktivity vyhodnotí konec aktivního jevu. V daném direktoráři bude tak uloženo 60 snímků před okamžikem registrace počátku aktivního jevu (15 minut) a dále snímky celého aktivního jevu. Tímto způsobem bude archivace daného aktivního jevu ukončena a monitoring sluneční aktivity zahájí nový pracovní cyklus.

3.6. Testování souřadnicového systému dalekohledu EST

Pokud budou optické osy obou dalekohledů rovnoběžné, bude oblast na středu obrazovky zároveň ve středu zorného pole dalekohledu EST. Souřadnice téhož objektu v obou souřadnicových systémech budou totožné. Jestliže se údaje obou souřadnicových systémů liší, došlo k rozjustování os obou dalekohledů a tuto chybu je třeba odstranit.



Obr.2: Řídící elektronika celodiskového dalekohledu

4. POŽADAVKY NA ŘÍDÍCÍ ELEKTRONIKU CELODISKOVÉHO DALEKOHLEDU

Celodiskový dalekohled bude mít vlastní montáž s vlastními pohyby, která bude upevněna na montáži teleskopu EST.

Každá z kamer bude mít svůj vlastní grabber a řídicí počítač s monitorem. Poloha kurzoru, zobrazovaného v reálném čase na monitorech MH_α, MCa a Mkont bude ovládána myší řídicího počítače. Počítače budou synchronizovány a budou provádět činnosti, popisované v předcházejících odstavcích. Funkce elektronického systému, řídicího celodiskový dalekohled, jsou schematicky znázorněny na obr.2.

ZÁVĚR

Celodiskový dalekohled bude důležitým a zcela samostatným zařízením, které usnadní údržbu teleskopu EST, práci pozorovatele a podstatně rozšíří jeho pracovní možnosti.

Poděkování:

Práce byla realizována díky účinné podpoře programu EU FP7 v rámci projektu EST Design Study, číslo 212 482 a grantu GA AVČR IAA 300

LITERATURA:

- www.astro-opticon.org/presentations/fp7_presentation/von_der_Luhe_solarphysics.ppt
- Klvaňa M., Bumba V., Sobotka M.: 2003, „CCD – Based Guiding and Control System for Solar Telescopes“, *Astronomische Nachrichten* **324** (2003), No.4, 305 - 307
- Klvaňa M., Bumba V., Sobotka M.: 2003, „System of Coordinates for Solar Telescopes“, *Hvar Observatory Bulletin* **27** (2003) 1, 205 – 214, Ed. V. Ruždjak, publ. by Faculty of Geodesy, University of Zagreb, Croatia
- Klvaňa M., Humpala M., Sobotka M.: "Návrh řídicího systému pro teleskop EST a kalibrace jeho souřadnicového systému", referát této konference