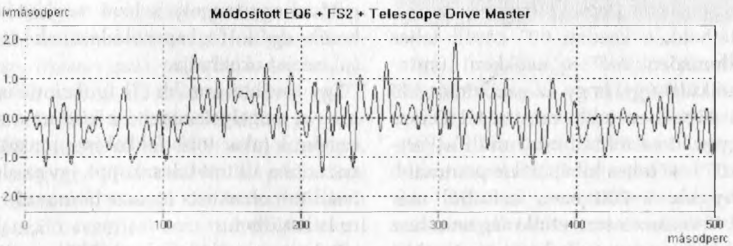
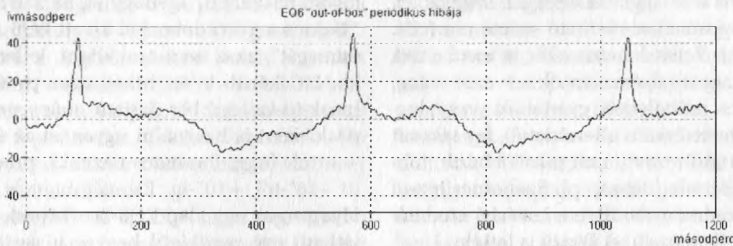


Egy „tökéletes” EQ6 I.

Egy csillagászati távcső – mint műszaki produktum – tipikus interdiszciplináris eszköz. Optikai, gépészeti, elektronikai és persze csillagászati ismeretek egyaránt szükségesek a megépítéséhez. Talán épp ezért nem olyan elítélendő, ha kissé formabontó módon „gépészkedünk” egy kicsit a Meteorban, legalább e cikk erejéig.

sel kellett szembesülnöm, hogy számomra nincs ilyen optimális munkapont. Azaz nem találtam sem a hazai, sem a nemzetközi piacon olyan ekvatoriális tengelykeresztet, amely kielégíti a „műszer” fogalmát, de nem egy fél lakás árértékért lehet hozzájutni... Pedig nem egy Cray szuperszámítógépet akartam megvásárolni, még csak nem is egy Suzuki



Amikor műszervásárlás előtt tájékozódni próbáltam a különböző csillagászati távcsőmechanikák felől, és igyekeztem valamiféle ár-teljesítmény görbét meghatározni, hogy az alapján alakítsam ki saját optimális „munkapontomat”, azzal a felismerés-

Swiftet, csupán néhány kisebb, összesen kb. tíz-tizenöt kilónyi fémet, ami precízen meg van munkálva, és össze vannak rakva. De racionálisan indokolható árfekvésben sajnos nincs ilyen. Ami közelíti az elvárásaimat, az – nagyságrendileg – egymillió forint körül

indul, de ami valóban „műszer”, az már két-három millió... Amit meg hajlandó vagyok (és spórolgatva esetleg képes is lennék) kifizetni egy valóban jó (!) mechanikáért, az legfeljebb néhány százszáz nagyságrend lehet. Szerintem ez ennyit ér. Ezért úgy döntöttem, hogy vásárolok egy kínai EQ6 nevű „távcsótartót”, és ekvatoriális mechanikát faragok belőle. A döntésemet az indokolta, hogy az EQ6-ban már legalább „van anyag”, azaz viszonylag merev építésűnek tűnik (bár pl. egy Celestron CGE-hez képest még ez is kimondottan könnyűsúlyú – igaz, az árkülönbség is a tömegkülönbséggel arányos...), az ára ugyanakkor elérhető számomra (cca. 230 E Ft). Tehát lehetne akár jó mechanika is, ha magyar gépészmérnök tervezte volna, és német műhelyben gyártanák (vagy legalábbis német meős ellenőrizné). Így viszont marad a „drótozás”, amit már többször, többen megtettek (idehaza pl. Szehofner József is), és eredményes, illetve kevésbé eredményes tevékenységüket közzé is tették.

Hogy ez a „bőrözés” nálam hogyan sikerült, ítélje meg a tisztelt olvasó a mérések alapján (l. az előző oldal három ábráját). Az első diagram az ún. „out-of-box” periodikus hiba mérés eredménye (azaz a dobozból kivéve, bármiféle beállítás, vagy modifikáció nélkül), a második a mechanikai „tuning” egy köztes állomásában mért hibát, míg a harmadik a kész, modifikált EQ6 követési hibáját mutatja. (Figyeljük meg a léptékek változását az egyes fázisokban...)

Mint látható, a kezdeti 60” körüli teljes hiba jellemzően 2–3”-re csökkent (autoguider nélkül!) úgy, hogy az expozíciós idő legalább 95%-ában jobb, mint $\pm 1''$! Persze nem ingyen, de a több mint 3 milliós Paramount ME 3–4” teljes hibájánál is pontosabb eredmény kb. 6–700 ezer forintból már elérhető. Természetesen, ettől még nem lesz az EQ6-ból Paramount, de hogy pontosabbá válik, mint az éppen ötször annyiba kerülő nagytestvér, az nyilvánvaló... Ez – úgy gondolom – nem rossz eredmény.

Ennyi beharangozás után lássuk, hogyan lehet egy selejtes kínai távcsőállványból „Doxa órát” faragni.

Üzembe helyezés, első tapasztalatok

Az alaptípust vettem meg, mert terveim szerint FS2 vezérléssel szeretném használni (az kissé drágább, mint az EQ6 saját SynScan (SkyScan) vezérlése, de könnyebben használható és főleg „profibb”, azaz sokkal szabadabban paraméterezhető, ami alapfeltetele a komolyabb modifikációnak); így a SynScan eleve szükségtelen. Fix vasbeton állványra telepítettem a távcsövet, ezért adaptertárcsát kellett készítenem a felszereléshez. (Így persze a háromláb sem kellene, de lehet, hogy később mobil állványként is fogom használni, úgyhogy jó, ha van az is.)

Sajnos a gyári dobozból kivett EQ6 „hozta önmagát”, azaz nem csalódtam. Jellemzően kb. 28” körüli teljes hibát, azaz pv értéket (peak-to-valley; bár láttam már „peak-to-peak”-ként is használni ugyanezt az értéket – attól függ, honnan nézzük) produkál, itt $-18''$ -tól $+10''$ -ig. Ez még nem is volna olyan rossz egy alap EQ6-hoz képest, de jól látható egy rendkívül hegyes tüske, ami 1 ívperc fölé tornássza a fenti teljes amplitúdót. (Csupán pontosítás kedvéért: sokan a teljes hibát kétfelé, pozitív és negatív irányban szétosztva közlik, pl. $\pm 5''$). Ez jobban hangzik ugyan, mint a $10''$ pv, de valójában ugyanazt jelenti. Mindig a pv értéke, azaz az abszolút hiba nagysága a lényeg.) A görbét látva nyilvánvaló, hogy ez a tüske csakis a csigaorsó tengelyével lehet összefüggésben, azaz vagy a trapézmenet sérült, vagy az orsóval egy tengelyen lévő meghajtó fogaskerék egyik fogkapcsolódásának sérülése (pl. sorja) okozhatja.

Egy további próbó (?) funkcionális hiba, hogy a tengelyek rögzítése közben a rögzítő csavarok (akár több fokkal is) elmozdítják a pozícióba állított teleszkópot, így az előzőleg beállított objektum messze látómezőn kívülre is kerülhet.

Sajnos – területi okokból – itt csak a funkcionális szempontból legfontosabb hibák taglalására van mód; az EQ6 teljes mechanikai rendbetételének leírása könyvnyi területet igényelne...

Hogyan javíthatjuk a helyzetet?

A fogaskerekek általában véve sem – de ebben a formájukban pláne nem – alkalmasak folytonos, „sima” (értsd: hirtelen sebességváltozás-mentes) hajtás-átvitelre. A pont-pont jellegű mechanikai kapcsolódás – gyakorlati okok miatt – kizárja a folytonos, döccenőmentes hajtás-átvitelt és a kötelezően jelenlévő ún. foghézag pedig jelentős – legalábbis a távcsőmechanikák követelményeihez képest jelentős – holtjátékot („backlash”) eredményez. Ez a „fogaskerekzaj” jól látszik az első, de főleg a második hibagörbe viszonylag kis (kb. 5–6”) amplitúdójú, de gyors „hullámszásából”. Ezekkel a fogaskerekkel tehát egyetlen teendőnk van: kidobni őket a kukába. Hogy mit tegyünk a helyükre? Semmiképp sem másik fogaskereket; inkább fogasszíjat. De ne siessünk ennyire előre; bőven van még addig mit kidobálni...

Itt érkezünk el az EQ6 talán legnagyobb hibájához, amit Szehofner is taglalt (Meteor 2006/10, 24–26. o.): mindkét tengelyt egyik (de csak az egyik) végén egy-egy kúpgörgős csapágy húzza és központosítja a házhoz, holtjáték-mentesen. A másik vége viszont három mélyhornyú radiális golyóscsapágyon keresztül jut el a házhoz, ahol záródik (ill. záródna) az axiális erőjáték. A radiális csapágyak viszont nem képesek axiális (tengelyirányú) erő felvételére, s előbb csak egyenletlenül futással, majd „berágódással” reagálnak rá. Bár távcső esetén berágódni nem fognak (ahhoz nincs elegendő fordulatszám), de hogy össze-vissza terhelik a motort, az biztos. Ez pedig ujjlenyomatot hagy a PE görbén; ráadásul a hőmérséklettől, a páratartalomtól függő mértékben mindig másképp. Ezzel még egy PEC szoftver (a periodikus hibát „betanuló”, majd azt automatikusan kompenzáló vezérlés) sem tud megbirkózni (bár maga a PEC sem csodafegyver, később erre még visszatérünk).

A fenti problémát jómagam – Szehofnertől eltérően – nem a hiányzó kúpgörgős csapágy beszerelésével oldottam meg (mivel az további módosításokat és csapágycseréket is szükségessé tett volna), hanem ferde

hatásvonalú precíziós golyóscsapágyat építettem az öntvényházhoz csatlakozó radiális helyett. Ez méretben teljesen csereszabatos megoldás, és funkcionálisan is megfelel. Bár a ferde hatásvonalú golyóscsapágy kisebb axiális előfeszítést kíván, mint a kúpcsapágy (ami némiképp aszimmetrikus axiális terhelési viszonyokat eredményez), de a kis (közel nulla) szögsebesség és alacsony terhelés miatt kicsi a görgők dinamikus terhelése, így a fenti megoldás is tökéletesen megfelel céljainkra – ugyanakkor olcsóbb és egyszerűbb. Csak az előfeszítést ne a kúpgörgős csapágyhoz megkívánt mértékűre állítsuk (mert ezzel túlterheljük a ferde hatásvonalút), hanem a ferde hatásvonalú golyóshoz. Ezt persze csak a csapágyanya meghúzásának mértékével, és a tengely forgásának folyamatos ellenőrzése mellett tudjuk közelítőleg beállítani. Ezért az óratengely csapágyanyájának palástjába – egy szabványos villáskulcs méretének megfelelő laptávolságú – két sík felületet marattam.

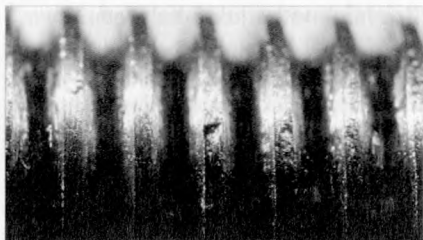


Így a megfelelő előfeszítés precízen beállítható. Csupán megjegyzem: erős gyanúm szerint a csapágyanyákon azért nincs „fogás” szerszám számára, hogy a tökéletes tervezést kompenzálандó ne lehessen túlhúzni az axiális csapágy-terhelést, „darabossá” téve ezzel a radiális csapágyak futását. Valószínűleg ugyanezen ok miatt alkalmaz a kínai mester műanyag házagoló gyűrűket, amiket szinten cserélni kell; csapágyboltokban kapható acél változat, többféle átmérőben és vastagságban.

De ezzel még nem húztuk ki teljesen az EQ6 méregfogát... Nem elég ugyanis a ház-

ban fészkelő radiális csapágy kicserélése radaxra; a csigakerék harangját tartó két radiális csapágyat is cserélni kellene, mivel – a roppant primitív konstrukció miatt – az axiális erőjáték átmegy a fenti harangon is. Azaz e két utóbbi csapágy is ki van téve tengelyirányú feszítésnek, amit itt is csak szembe fordított ferde hatásvonalú csapágyakkal lehetne felvetetni. (Egy egészséges elme nem tervezne ilyen konstrukciót...) Pénztárcakímélőbb, bár nyűgösebb megoldás, ha a fenti két csapágy közé egy pontosan megmunkált távtartó hüvelyt esztergáltatunk egy precíz kezű szakival, ami átviszi az axiális terhelést a belső csapágygyűrűk között, a külső csapágykoszorúk axiális terhelése nélkül. Célyszerűbb kissé alá-tűrészteni a távtartó hüvelyt, és a fentebb említett acél hézagoló gyűrűkkel beállítani a pontos távolságot, mert ez igen kritikus feltétel a sima működéshez. (Méretei: $d=40\text{mm}$, $D=48\text{mm}$, $h=25,5\text{mm}$.) Nekem ezt 600 Ft/db áron, és több munkaórával sikerült megoldanom.

A maximalisták a csigaorsó kisméretű mélyhornyú golyóscsapágyait is kicserélhetik (legalábbis az RA tengelyen, mert hogy nem olcsó multság beszerezni még ilyen kis méretű precíziós csapágyakat sem) ferde hatásvonalúakra (természetesen szembe fordítottan beszerelve). A cserét követően határozottabb axiális előfeszítés alkalmazható, ami teljesen megszünteti a csigaorsó tengelyirányú mozgását, és a nagyobb előfeszítés ellenére határozottan simábban, egyenletesebben forog a csigaorsó. Sőt! A csigamenet holtjátékának beállítása közben – épp ezért – vettem észre, hogy a csigaorsó minden fordulatonál egy bizonyos szögnél megakad, megszorul, egyébként pedig „vajpuhán” fut. Amikor újból kiszereztem, és nagyítóval megvizsgáltam, akkor vettem észre, hogy a trapézmenet fejkörén, pontosan középen (hol másol?), ahol a menetprofilok csatlakoznak egymáshoz, van egy felverődés, amit leejtés, vagy erőszakos beszerelés okozhatott (l a képen). Megjegyzem, a sikló felületek érdessége is nagyolással történt készre-munkálásra utal; tragikusan néz ki...



E felverődés következtében a menetprofil igen kis mértékben bár, de megzömült, ami épp elég volt ahhoz, hogy a minimális (közel nulla) menet-holtjáték beállítása mellett már megszoruljon a hajtás. Ez sajnos nem, vagy csak igen nehezen javítható. Ekkor komolyan fontolóra vettem, hogy visszaviszem a mechanikát a boltba, és másikat kérek, mert ez igazolhatóan – lásd az „out-of-box” PE görbét – gyártási-összeszerelési hiba. De végül más megoldást választottam (miért rontsam a kapcsolatomat a boltossal), és legalább megerősítet, hogy a felfedezett menet-felverődés okozta az abnormalis PE-csúcsot minden valószínűség szerint. A másik tanulság – amit az eszemmel eddig is tudtam, de nem „láttam” – az, hogy a csigahajtás mennyire érzékeny még a mikronos nagyságrendű megmunkálási hibákra is. A fényképen látható, hogy a felverődés okozta menetprofil-megvastagodás „alig látható”. Mégis tönkre vágta az egyébként sem jó PE-t. Ennek „javítása” csak a deklinációs és az óratengely csigaorsójának felcserélésével oldható meg, mivel jó hír, hogy a két tengely csigahajtása kompatibilis egymással. Ettől persze a hibás, zömült rész még ott marad a helyén, de a deklinációs tengelyen ez igen nagy valószínűséggel nem okoz valós problémát, és talán – szerencsés esetben – a korábbi deklináció-mozgató csigaorsónak lehetne kisebb is az excentricitása. Sajnos – ez az én formám – rosszabb lett... Ez az állapot látható a cikk bevezetőjének második hibagörbéjén, és – mint látható – a teljes hiba kb. 44” lett. Az eredeti RA orsóval 28” lett volna – a felverődés nélkül, ha a kínai szerelő nem ejti le az alkatrészt...

A távcső korábban említett elmozdulását a mechanika rögzítésekor igen egyszerűen

és olcsón javíthatjuk: szereljük ki mindkét rögzítőcsavart, és a kínai megmunkálás után homortian hagyott homlokfelületüket reszelővel (vagy kis esztergán még jobb) domborítsuk le. Arra figyeljünk, hogy a kialakított gömbsüveg tengelyszimmetrikus legyen; így csak egy ponton – a közepén – fogja nyomni a rögzítő pogácsát, amit így nem tud meghúzása közben elfordítani.

A fenti javításokkal a mechanika mozgását jelentősen simábbá, egyenletesebbé tettük. Saját esetemben a tengelyek valóban „patikamérleg-szerű”, precíz mozgással hálálták meg ráfordításaimat. De a követési hibák ettől még megmaradtak; azok hogyan csökkenthetők? Kétféleképpen: mechanikusan és elektronikusan. Először nézzük az előbbit.

A mechanika követési hibájának csökkentése gépészeti megoldásokkal

Logikus gondolat kihagyni mindenféle hajtásláncot, és a csigaorsót közvetlenül a motor tengelyére szerelni. Sok műszer működik is ilyen hajtással szerzte a világban, de esetünkben ez nem (vagy csak jelentős átalakítással) jöhet szóba a már meglévő mechanikai konstrukció miatt – bár kétségkívül az egyik legjobb megoldás lenne.

Ugyanakkor az olasz MicroGiga cég Astromecanica fantáziánéven forgalmaz fogasszíjas upgrade kit-et EQ6-hoz (is), jó minőségű, micro-step üzemmódra képes léptetőmotorokkal együtt, nagyon kulturált módon, új előlapra szerelve. Nem is irreális az ára: kb. 60 E Ft-ért lehet hozzájutni a párhoz (http://www.micgiga.com/astromecanica_motor-EQ6D.htm). Régebben a web-lapjuk angol nyelvű verziója is elérhető volt, most csak az olaszt találtam. Nagyon melegen ajánlom mindenkinek! Az EQ6 belsőségét (motorokat a tengelyükön lévő fogaskerekkel együtt) ki kell dobni, és a kész hajtást „egy az egyben” be lehet illeszteni a helyére, a szíjhajtás hajtott tárcsáját pedig a leírásnak megfelelően rá kell illeszteni a RA tengely csigaorsójának tengelyvégre. Fontos a megfelelő szíj feszesség

beállítása a motor rögzítőcsavarjainak állításával. Hátránya a megoldásnak, hogy az eredeti EQ6 kézivezérlő ezeket a nagyáramú motorokat már nem tudja meghajtani, de az áttételi viszonyok is jelentősen megváltoznak; azaz más típusú vezérlőt is kell alkalmazni (pl. saját MicroGiga vezérlőjük, vagy az általam is használt FS2), ami sajnos további költséget jelent.

Ezzel a rövid periódusú hibák többségét minimalizáltuk; ez alá menni gépészeti megoldásokkal már csak exponenciálisan tovább növekvő költségek mellett lehetne. Ugyanakkor megmaradt a legnagyobb és leghosszabb periódusú csigaorsó hiba, azaz „csiga-biga-hiba”: lassan mászik, de megszire...

Ennek hatékony kompenzálására egy kellően érzékeny CCD-vel felszerelt, és gyors algoritmussal működő autoguider legtöbbszor elegendően jó megoldást is jelenthet, de az autoguidernek is megvannak a maga korlátai. Hardveresen viszont csak új, sokkal precízebben megmunkált alkatrészek beszerzésével csökkenthető lényeges mértékben. Ilyen megoldást jelenthet pl. a Gierlinger-féle EQ6 upgrade kit, amely egy új csigakerék-csigaorsó párral jelentős javulást hozhat – kb. 75 ezer forintnyi ráfordítással. Lásd itt: (<http://www.gierlinger.cc/schnecke.htm>). De „garantált” maximális periodikus hibát a Gierlinger-féle megoldás sem biztosít.

Most számoljunk egy kicsit! Az alap EQ6 230 E Ft, otthoni „sufnituning” (csapágy-cserék stb.) kb. 40 E Ft, Astromecanica fogasszíjas motor-kit 60 E Ft, amihez még pl. FS2 vezérlés szükséges 220 E Ft-ért, míg a Gierlinger-csigahajtás 75 E Ft. Ez így összesen 620–630 E Ft, és egy „igen jó” minőségű távcsőmechanikát kapunk a korábbi „szutyok” minősítésű EQ6 helyett. Összehasonlításképpen: egy hasonló, vagy alig nagyobb terhelhetőségű egyéb „gyári” mechanika – vezérléssel együtt – egymillió körül indul. (Neveket szándékosan nem említék.) Ez pedig majdnem kétszerese fenti ráfordításainknak...

Mádai Attila