

# Sateliti

Ureja: **Matjaž Vidmar, S53MV**, Sergeja Mašere 21, 5000 Nova Gorica, e-mail: S53MV@uni-mb.si

## STANJE AMATERSKIH IN DRUGIH SATELITOV - JANUAR 2001

Matjaž Vidmar, S53MV

Po uspešni izstrelitvi satelita AMSAT-P3D ali AO-40 smo na ostale satelite skoraj pozabili. Vsa pozornost je zdaj usmerjena v to, kdaj in v kolikšni meri bo AO-40 izpolnil številne obljube. Žal z AO-40 ne gre vse po načrtu. Začetnim težavam z oddajnikom za 70cm so se pridružile težave z raketnim motorjem. Ker je bilo na to temo objavljenih zelo malo verodostojnih informacij in žal več dezinformacij, bom v tem sestavku skušal opisati, kako deluje raketni motor na krovu AO-40 in kaj se je s tem raketnim motorjem zgodilo v decembru.

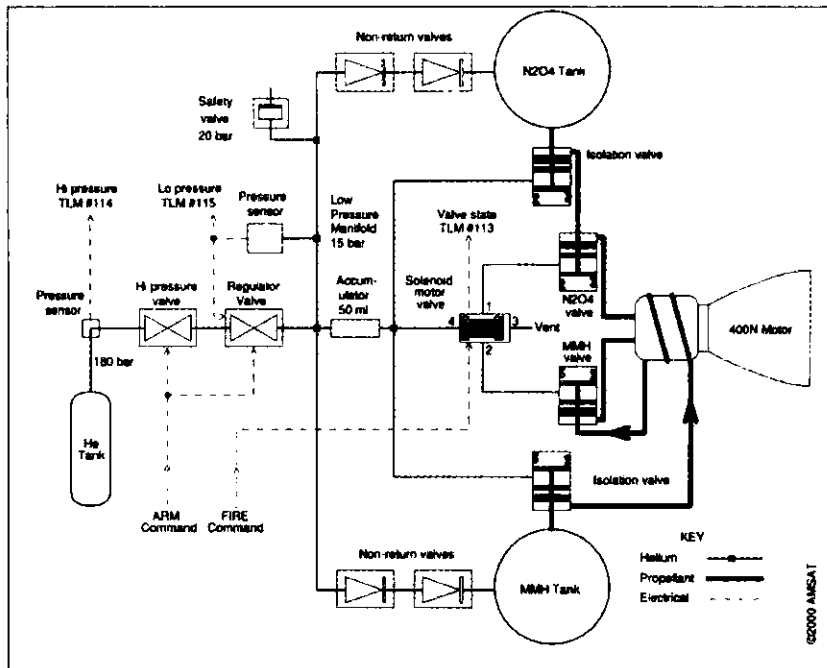
Začetna tirnica AO-40 za nas radioamaterje ni najbolj ugodna, zato AO-40 razpolaga z dvema različnima raketnima motorjema. Prvi motor s potiskom 400N uporablja običajno dvokomponentno kemično gorivo monometilhidrazin in oksidator dušikov tetroksid ter ima zalogo goriva za nekaj deset minut delovanja. Drugi motor s potiskom komaj 0.1N uporablja kot gorivo amoniak, ki ga segreva z električnim lokom, ter razpolaga z zalogo goriva za 800 ur delovanja. Zaloga goriva drugega motorja torej odtehta majhen potisk, tako da sta v končnem računu oba motorja približno enako učinkovita.

Zasnova 400N raketnega motorja na dvokomponentno gorivo je razmeroma enostavna in učinkovita. Motor ne vsebuje gibljivih delov, nima turbočrpalke, pač pa le izgorevalno komoro in izpušno šobo. V takšen motor je treba potiskati gorivo in oksidator z delovnim tlakom izgorevalne komore okoli 16 barov. Poleg tlačnih posod za gorivo in oksidator je na krovu še visokotlačna posoda za helij, ki se uporablja kot potisni plin za gorivo in za oksidator. Zaradi svoje enostavnosti slovijo takšni motorji kot zelo zanesljivi: pred tridesetimi leti so varno pripeljali Američane na Luno in nazaj, danes pa se uporabljajo v raketnih stopnjah in na krovu večine satelitov.

Napeljava plinov in tekočin na krovu AO-40 je prikazana na sliki 1. Visokotlačna posoda je napolnjena s helijem z začetnim tlakom 200 barov.

Helij preko regulatorja pritiska poriva tekoče gorivo monometilhidrazin (MMH) in tekoči oksidator dušikov tetroksid (N2O4) v raketni motor. Hkrati s helijem upravlja tudi elektromagnetni ventil (Solenoid motor valve), ki krmili dva pnevmatska ventila za gorivo in oksidator.

V prvem poskusu vžiga raketnega motorja 10. decembra 2000 se ni zgodilo nič. Zatajila sta visokotlačna ventila za helij, tlak v posodah z gorivi ni narasel in pnevmatski ventili se sploh niso odprli. Naslednji dan so upravne postaje z več zaporednimi ukazi vseeno uspele "razma-



Slika 1 - P3D 400N Motor System.

jati" visokotlačna ventila in dosegle nazivni tlak 15.8 barov v posodah z gorivom in oksidatorjem. Razlog za težave z visokotlačnimi ventiloma je verjetno korozija, ker so ventili na krovu AO-40 vrsto let čakali na izstrelitev satelita.

### Keplerjevi elementi za amaterske in druge zanimive satelite

21/1/2001

| NAME        | EPOCH       | INCL  | RAAN   | ECCY  | ARGP   | MA     | MM        | DECY    | REVN  |
|-------------|-------------|-------|--------|-------|--------|--------|-----------|---------|-------|
| AO-10       | 01020.11114 | 26.66 | 290.67 | .5997 | 119.06 | 313.27 | 2.058636  | -9.6E-7 | 10442 |
| UO-11       | 01020.53307 | 98.01 | 346.24 | .0011 | 121.78 | 238.44 | 14.733217 | 1.9E-5  | 90429 |
| FO-20       | 01019.33856 | 99.07 | 115.50 | .0540 | 286.18 | 68.04  | 12.832858 | -1.3E-7 | 51300 |
| RS-12/13    | 01018.95926 | 82.92 | 25.70  | .0027 | 244.80 | 115.02 | 13.742449 | 7.2E-7  | 49931 |
| AO-16       | 01020.78996 | 98.42 | 93.70  | .0010 | 300.75 | 59.25  | 14.307279 | 2.2E-6  | 57400 |
| LO-19       | 01020.24813 | 98.44 | 96.94  | .0011 | 300.63 | 59.36  | 14.309663 | 3.0E-6  | 57401 |
| UO-14       | 01020.19302 | 98.38 | 85.67  | .0010 | 297.87 | 62.13  | 14.306223 | 2.1E-6  | 57389 |
| UO-22       | 01020.19597 | 98.13 | 42.35  | .0006 | 267.63 | 92.41  | 14.379964 | 4.1E-6  | 49910 |
| KO-23       | 01018.90994 | 66.08 | 278.63 | .0015 | 269.17 | 90.74  | 12.863584 | -3.7E-7 | 39646 |
| KO-25       | 01020.66557 | 98.37 | 76.20  | .0010 | 328.01 | 32.03  | 14.289088 | 2.8E-6  | 34972 |
| IO-26       | 01019.71036 | 98.37 | 75.09  | .0009 | 349.21 | 10.88  | 14.284894 | 2.3E-6  | 38141 |
| AO-27       | 01020.90804 | 98.37 | 75.51  | .0008 | 347.48 | 12.60  | 14.283276 | 2.0E-6  | 38155 |
| RS-15       | 01018.57890 | 64.81 | 192.13 | .0166 | 252.54 | 105.71 | 11.275395 | -4.2E-7 | 24979 |
| FO-29       | 01018.72302 | 98.56 | 264.04 | .0351 | 29.14  | 332.88 | 13.527563 | 3.1E-7  | 21843 |
| TO-31       | 01020.19908 | 98.70 | 99.28  | .0004 | 158.78 | 201.34 | 14.228837 | -4.4E-7 | 13151 |
| SO-35       | 01020.77564 | 96.45 | 178.11 | .0150 | 213.35 | 145.81 | 14.416724 | 1.2E-5  | 10043 |
| UO-36       | 01021.11089 | 64.56 | 165.99 | .0050 | 267.03 | 92.49  | 14.735676 | -1.0E-6 | 9441  |
| AO-40       | 01018.53756 | 5.92  | 230.07 | .8133 | 208.49 | 11.77  | 1.269226  | -1.6E-6 | 99    |
| MIR         | 01021.14965 | 51.64 | 216.14 | .0015 | 261.47 | 246.48 | 15.912892 | 7.2E-4  | 85351 |
| ISS (ZARYA) | 01020.99908 | 51.57 | 112.95 | .0009 | 15.50  | 329.59 | 15.690125 | 3.5E-4  | 12405 |
| NOAA12      | 01020.88403 | 98.56 | 16.84  | .0013 | 71.46  | 288.80 | 14.238349 | 4.5E-6  | 50320 |
| NOAA14      | 01020.93094 | 99.16 | 9.90   | .0008 | 196.53 | 163.55 | 14.125632 | 3.4E-6  | 31234 |
| NOAA15      | 01020.88124 | 98.61 | 51.36  | .0011 | 9.03   | 351.10 | 14.234562 | 2.2E-6  | 13983 |
| NOAA16      | 01019.39143 | 98.81 | 327.74 | .0010 | 299.92 | 60.09  | 14.110319 | 3.5E-6  | 1691  |
| OKEAN1-7    | 01020.57683 | 82.54 | 312.98 | .0026 | 21.74  | 338.48 | 14.770341 | 2.0E-5  | 33791 |
| METEOR3-5   | 01020.55162 | 82.55 | 215.02 | .0013 | 299.23 | 60.74  | 13.169205 | 1.5E-7  | 45357 |
| SICH-1      | 01021.18778 | 82.53 | 93.18  | .0026 | 354.91 | 5.17   | 14.763771 | 1.5E-5  | 29020 |
| RESURSO1N4  | 01021.11692 | 98.69 | 100.44 | .0001 | 122.18 | 237.95 | 14.230095 | 1.5E-5  | 13163 |
| OKEAN-O     | 01021.10828 | 97.97 | 79.16  | .0001 | 27.44  | 332.68 | 14.707704 | 4.2E-6  | 8138  |
| METEOSAT6   | 01004.85464 | 3.94  | 74.42  | .0002 | 257.25 | 143.58 | 1.002793  | 3.2E-7  | 3828  |
| METEOSAT5   | 01019.21357 | 0.92  | 78.47  | .0003 | 230.80 | 237.25 | 1.002726  | -7.8E-7 | 2467  |
| METEOSAT7   | 01019.16229 | 0.26  | 314.41 | .0001 | 24.55  | 198.61 | 1.002790  | -1.0E-8 | 1239  |
| FENGYUN1C   | 01019.11690 | 98.71 | 60.10  | .0014 | 7.89   | 352.24 | 14.103524 | 2.4E-7  | 8740  |

Vžlg motorja je zatem uspel, a tu so se pojavile nove težave. Namesto predvidenega delovanja motorja v dolžini treh minut, ki bi moral satelit pospešiti za 118m/s, se raketni motor ni ugasnil kljub temu, da je elektromagnetni ventil izvršil ukaz. Motor je gorel dalje še dodatne štiri minute in skupno pospešil satelit za 208m/s, dokler ni tlak v posodah z gorivom upadel na 6 barov. Za nerazumljivo obnašanje raketnega motorja se je našla ena sama razlaga: pri vgradnji elektromagnetnega ventila je prišlo do človeške napake, izhod 3 ali oddušnik (Vent) je ostal zaprt s pokrovom, ki bi ga morali odstraniti tik pred vgradnjo satelita na nosilno raketo.

Kljub vsem napakam se ni do te točke zgodilo še nič katastrofalnega. Raketni motor so v vsakem slučaju nameravali še prižgati v isti točki tirnice, tako da je pospešek za celih 208m/s celo koristen. 17 minut potem, ko se je motor ugasnil, pa je pritisk v posodah z gorivom v trenutku padel iz 6 barov na nič. Najverjetnejši razlog je pregrevanje motorja zaradi predolgega delovanja in samovžig goriva v hladilnem krogu motorja. Pri temperaturi 400 stopinj Celzija monometilhidrazin sam od sebe eksplozivno razpade. Razen uničenja raketnega motorja pa ta eksplozija izgleda ni poškodovala elektronike na krovu satelita.

Upravne postaje so zato poskušale z reševanjem raketnega motorja. Telemetrija je pokazala, da elektromagnetni ventil uboga ukaze. Med ponovnim "razgibavanjem" visokotlačnih ventilov za helij pa je v sredo 13. decembra utihnil 2m oddajnik na 145.899MHz. Satelit tudi ni več ubogal ukazov z Zemlje in je izgledal popolnoma izgubljen. Upravne postaje so sicer oklevale z ukazom za popolni reset računalnika, ki bi lahko še poslabšal stanje na krovu.

Veliki radarji ameriške vesoljske obrambe NORAD so sicer našli AO-40 v malenkost spremenjeni tirnici in v enem kosu. Ko kakšen satelit eksplodira, radarji najdejo več desetih kosov v podobnih tirnicah. Po dolgih 12 dneh molka je Ian-ZL1AOX končno uspel vključiti telemetrijski oddajnik na 2401.320MHz na krovu AO-40.

Telemetrija je pokazala, da sta se med poskusom reševanja raketnega motorja verjetno iz razpok v motorju razlila gorivo in oksidator po notranjosti satelita. Požar in eksplozija, ki sta sledila, sta naredila kar nekaj škode na krovu, pospešila satelit za 12m/s v takšni smeri, da se je perigej

tirnice nevarno približal zemeljski površini na samo 350km in kratko staknila napajanje, da se je zresetiral računalnik.

Po vseh teh dogodkih je skoraj čudež, da so življenski deli elektronike preživeli dve eksploziji in požar na krovu. Dosedanji preizkusi satelita so dali naslednje rezultate: sončne celice, baterija, sprejemniki za 2m, 70cm in 23cm, eden od obeh oddajnikov za 13cm in računalnik so preživeli vse nesreče. Od anten delajo samo še usmerjene antene.

Neusmerjene antene na drugi strani satelita ne delajo več na nobenem področju 2m, 70cm ali 23cm. Zaradi težav s hlajenjem so 2m oddajnik preizkusili le za par minut. Poraba izgleda nazivna, telemetrija kaže nazivno izhodno moč, le na Zemlji ni slišati ničesar. Verjetno je poškodovan antenski kabel ali zataknjen antenski rele.

Več poskusov z oddajnikoma velikih moči za 2m in 70cm si lahko obetamo šele, ko bo upravnim postajam uspelo upočasniti sedanje hitro vrtenje satelita. Eksplozija in požar na krovu sta dodatno zavrtela satelit na 17 obratov v minuti in pri tej hitrosti vrtenja ne dela več sistem hlajenja izhodnih stopenj oddajnikov.

Upravne postaje so se znašle pred vrsto težav. Sprejem telemetrije je možen samo v začetnem delu tirnice, med MA10 in MA30, ko usmerjena antena za 2401MHz gleda proti Zemlji. Sprejem signala je sicer možen tudi kasneje, ampak globok QSB uniči telemetrijske podatke. Z kroženjem Zemlje okoli Sonca narašča vpadni kot sončnih žarkov na panele s sončnimi celicami, kar pomeni, da upada razpoložljiva električna energija na krovu. Iz razpok v motorju še vedno uhaja gorivo in pospešuje vrtenje satelita. Razen tega je monometilhidrazin zelo koroziven in bi lahko dodatno poškodoval elektroniko.

Na koncu še sporočilo s satelita AO-40, sprejeto na 2401.320MHz ob ugodnem delu preleta (MA med 10 in 30):

\*\*\* AO-40 8:56:20 19/1/2001 2S 37W 23742km \*\*\*

A HI, THIS IS AMSAT OSCAR-40 2001-01-19 08:56:36 #0061

! AO-40 now has fully reloaded flight software! Stay tuned! !