

L'incidente al motore di apogeo di AO-40

Uno scritto di I8CVS pubblicato il 26 agosto 2009 sulla sua mailing list ristretta - TNX Ferruccio IW1DTU

Hi All,

In questi giorni in seguito ai messaggi intitolati "Don't Fly SuitSat2 to ISS" circolanti sul net AMSAT-BB ho avuto uno scambio di email private con due personaggi tecnici AMSAT-NA e DL di tutto rispetto per commentare le cause che determinarono la catastrofica autodistruzione di AO40 dopo il lancio.

In poche parole l'uomo AMSAT-NA attribuisce la colpa a chi non tolse un tappo su una valvola del motore di apogeo e scrive così:

<For example: ... the bright red flag attached to a port cap that clearly said "REMOVE BEFORE FLIGHT", and caused the AO-40 propulsion system to self-destruct when activated...>

L'uomo AMSAT-DL che faceva parte del team di integrazione di AO40 a Kourou sostiene invece che la striscia con sopra scritto "REMOVE BEFORE FLIGHT" non esisteva affatto e scrive così:

<Such a Flag "Remove before Flight" never existed... it was only a small red cap, which was invisible after the responsible persons integrated the engine on the S/C... It was not visible from outside either... this also did not had anything to do with technical incompetnce. It was simply a communcation error, since this cap was not standard for these engines.>

Comunque siano andate le cose mi sono convinto che anche discutendo con personaggi chiave non è possibile conoscere la verità sul come siano andate le cose un po come in "Così è se vi pare" di pirandelliana memoria in cui alla domanda finale rivolta alla donna misteriosa sul chi fosse lei veramente essa risponde: "Io sono colei che mi si crede".

[https://it.wikipedia.org/wiki/Così_è_\(se_vi_pare\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Così_è_(se_vi_pare))

Il concetto pirandelliano dell'inconoscibilità del reale dice che delle cose ognuno può dare col proprio cervello una propria interpretazione che non può coincidere con quella degli altri e ciò traspare sia dalle frasi dell'uomo USA che da quelle dell'uomo DL ma al dilà di ogni considerazione in

cui nessuno dei due vuole accollarsi l'errore o la fatalità o la disorganizzazione o la stanchezza o la mancanza di procedure in realtà AO40 si è tecnicamente autodistrutto e quindi senza pretendere di colpevolizzare le "responsible persons" cerchiamo di capire almeno il perché dei fatti puramente tecnici in se stessi.

Ho quindi ritrovato lo schema elettropneumatico del motore di apogeo di AO40 "P3D 400N Motor System" e siccome la carta termica si era sbiadita dopo quasi dieci anni da allora l'ho ripassato a inchiostro di china con l'intento di ragionare andando per gradi *step by step*.

NOTA:

Per meglio seguire il testo successivo è bene stampare il disegno P3D 400N Motor System qui allegato.

MOTORE DI APOGEO: a che serve?

AO40 fu lanciato con un vettore *ARIANE* e quindi immesso in orbita di parcheggio GTO (Geostationary Transfere Orbit) con inclinazione di circa 6° sul piano equatoriale, perigeo di 200 km ed apogeo di 36000 km. Scopo del motore di apogeo è quello di rialzare il perigeo fino a circa 1500 km e aumentare l'inclinazione con accensioni successive da 6° a 63°.4 in circa 2 anni ottenendo così un'orbita HEO (High Eccentricity Orbit) ovvero un' orbita *Molnya* con periodo orbitale di circa 12 ore.

https://it.wikipedia.org/wiki/Orbita_Molnya

COME FUNZIONA IL MOTORE DI APOGEO:

Quello di AO40 venne fornito all'AMSAT dalla Messerschmitt tedesca ed ha una spinta di 400 newton (per calcoli approssimati 1 kg di spinta equivale a 9.8 newton)

<http://www.iki.rssi.ru/mirrors/stern/stargaze/Inewt2nd.htm>

Il motore è a comburente e combustibile liquidi. Il comburente è tetrossido di diazoto N_2O_4 che è un potente ossidante in quanto ogni molecola

contiene 4 atomi di ossigeno necessario alla combustione.

<http://www.astronautix.com/props/n2o4udmh.htm>

Il combustibile è MMH (*MonoMethylHydrazine*)
formula chimica CH_3NHNH_2

https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_rocket_propellants

Il comburente N_2O_4 e il combustibile MMH si accendono spontaneamente senza bisogno di innesco appena vengono a contatto fra loro nell'ugello del motore.

Il comburente e il combustibile che sono allo stato liquido sono contenuti in due serbatoi sferici che per AO40 furono costruiti in Russia.

Il sistema per la circolazione del comburente e del combustibile dai due serbatoi fino all'ugello non fa uso di pompe, ma i due serbatoi sferici sono pressurizzati con elio in fase gassosa per cui i due liquidi vengono spinti nell'ugello dalla pressione dell'elio all'apertura delle valvole semplicemente come avviene in una qualunque bombola spray e siccome l'elio è un gas inerte può stare a contatto sia sul comburente che sul combustibile.

SCHEMA ELETTROPNEUMATICO A BLOCCHI:

KEY

- Le tubazioni dell'elio "*Helium*" sono disegnate col simbolo -----[]-----
- Le tubazioni del comburente e combustibile "*propellant*" sono disegnati in **grassetto nero**
- I collegamenti elettrici "*Electrical*" sono disegnati col simbolo -----

Tutti i dispositivi dello schema sono disegnati in condizioni di riposo con tutte le valvole normalmente chiuse.

CIRCUITO DELL'ELIO He

L'elio *He* in fase liquida è contenuto nella bottiglia *He Tank* in acciaio rinforzato all'esterno con fibre di carbonio e l'elio a temperatura ambiente si trova alla pressione di 180 bar che equivale a circa 180 atmosfere. Vale la relazione $1 \text{ atm} = (760 \text{ Torr}) = 1.013 \text{ bar}$

<https://it.wikipedia.org/wiki/Pressione>

Il trasduttore di pressione "*Pressure Sensor*" invia un segnale al canale telemetrico *TLM Hi Pressure # 114* e il suo valore viene monitorato continuamente a terra per controllare eventuali perdite di He.

Quando da terra viene inviato il comando *ARM Command* la valvola dell'elio *Hi Pressure Valve* si apre e l'elio in fase gassosa alla pressione di 180 bar entra nel regolatore di pressione *Regulator Valve* da cui esce alla pressione di 15 bar e quindi si immette nella tubazione *Low Pressure Manifold 15 bar*.

Se all'apertura della *Hi pressure Valve* si verificasse un colpo di ariete e la pressione dovesse superare i 20 bar l'elio gassoso verrebbe scaricato nello spazio esterno dalla *Safety Valve 20 bar*

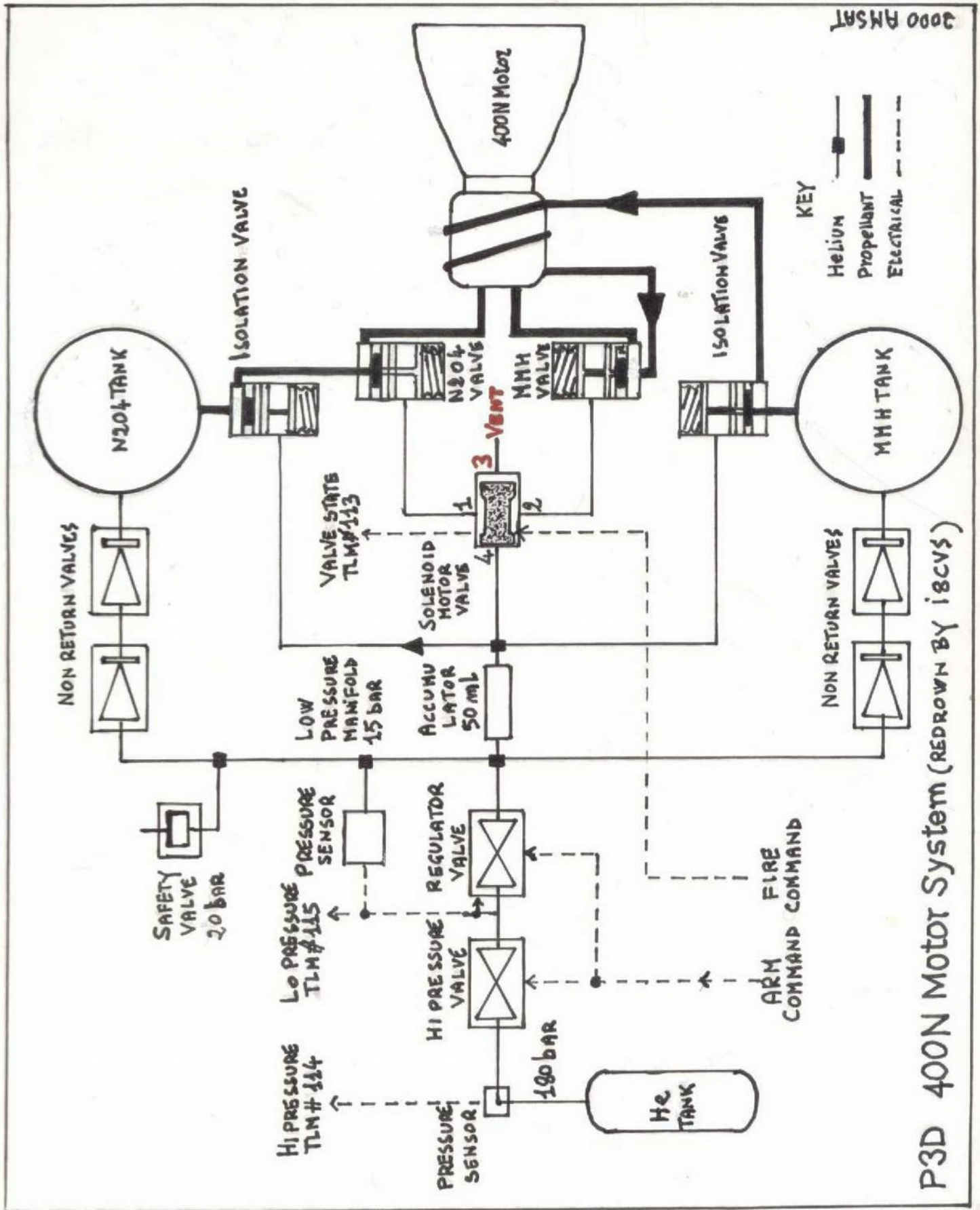
La bassa pressione dell'elio a 15 bar aziona il trasduttore di pressione *Pressure Sensor* che invia un segnale telemetrico sul canale *TLM # 115* continuamente monitorato a terra.

A questo punto l'elio gassoso alla pressione di 15 bar entra nelle due valvole di non ritorno "*non return valves*" che sono due in serie per il comburente e due in serie per il combustibile cosicché i due serbatoi sferici vengono pressurizzati a 15 bar mentre l'elio in fase gassosa non può ritornare indietro verso la condotta principale "*Low Pressure Manifold*".

Nel contempo l'elio a 15 bar in fase gassosa entra anche nel cilindro "*accumulator 50 ml*" dove deposita eventuale elio in fase liquida e quindi la fase gassosa si immette nella tubazione che alimenta l'apertura delle due "*Isolation Valve*" che sono una per il comburente N_2O_4 e l'altra per il combustibile MMH

A questo punto sotto la pressione dell'elio gassoso a 15 bar la *Isolation Valve* del serbatoio *N₂O₄ Tank* spinge la molla in basso e si apre cosicché il comburente N_2O_4 in fase liquida sotto pressione nel serbatoio sferico raggiunge l'ingresso della *N₂O₄ Valve* posta a monte dell'ugello che però è ermeticamente chiusa e quindi blocca il passaggio del fluido verso l'ugello.

Analogamente sotto la pressione dell'elio gassoso a 15 bar la *Isolation Valve* del serbatoio *MMH Tank* spinge la molla in alto e si apre cosicché il combustibile MMH in fase liquida sotto pressione nel serbatoio sferico raggiunge l'ingresso della *MMH Valve* a monte dell'ugello che però è



ermeticamente chiusa e quindi blocca il passaggio del fluido verso l'ugello.

Il termine usato di "*molla in alto*" e "*molla in basso*" si riferisce a come sono disposte le molle delle valvole nel disegno

Da notare che il combustibile MMH in fase liquida per raggiungere la *MMH Valve* passa attraverso una serpentina avvolta sull'ugello del motore e ciò col duplice scopo di raffreddarlo durante il funzionamento e recuperare calore immettendo nel motore un combustibile MMH già caldo.

Riassumendo in breve, quando da terra viene inviato il comando "*ARM command*" si arma il motore cosicché il comburente e il combustibile liquidi raggiungono immediatamente l'ingresso delle rispettive valvole *N₂O₄ Valve* e *MMH Valve* che però restano entrambe chiuse e quindi i due fluidi non possono entrare nell'ugello.

Quando bisogna accendere il motore la stazione di comando trasmette per un determinato tempo il comando *FIRE Command* che eccita la bobina della valvola a 4 vie denominata "*Solenoid Motor Valve*" e quindi la *porta 4* si apre mentre la *porta 3* si chiude per cui l'elio a 15 bar esce dalle *porte 1* e *2* aprendo contemporaneamente le due valvole *N₂O₄ Valve* e *MMH Valve*.

A questo punto comburente e combustibile entrano insieme nell'ugello e si accendono spontaneamente al contatto fornendo una spinta di 400 newton.

Trascorso il tempo impostato sul *FIRE Command* la bobina della valvola a 4 vie si diseccita, la *porta 4* si chiude mentre la *porta 3* si apre scaricando verso il vuoto esterno l'elio dalle *porte 1* e *2* per cui le valvole *N₂O₄* e *MMH* si chiudono sotto l'azione delle loro molle spengendo il motore.

Ma cosa succederebbe se la *porta 3 vent* della valvola a quattro vie disegnata in rosso rimanesse chiusa? L'elio non potrebbe più uscire verso l'esterno dalle *porte 1* e *2* per cui le due valvole *N₂O₄* e *MMH* rimarrebbero aperte impedendo al motore di spengersi.

Ciò è quanto accaduto su AO40 perché il tappo che chiudeva la *porta 3 vent* non fu rimosso... *REMOVE BEFORE FLIGHT?* e il motore rimase acceso per circa 3 minuti in più del programmato portando l'apogeo di AO40 a circa 49.000 km

I tentativi successivi di accensione e spengimento in queste condizioni condussero poi al

verificarsi di perdite di comburente e combustibile che determinarono una supposta, ma non chiaramente verificata, esplosione a bordo del satellite.

In circa due anni di servizio AO40 ha fornito impareggiabili prestazioni dei transponder nei modi U/S ed L/S non riscontrabili nei due precedenti HEO OSCAR-10 e OSCAR-13 per cui è lecito dire che nonostante tutto AO40 è stato il miglior satellite realizzato dall'AMSAT come possono testimoniare le migliaia di radioamatori sparsi in tutti i continenti.

E' mio personale parere che ogni previsione circa il lancio di un nuovo satellite HEO va a favore di P3D perché questo satellite è legato all'esperimento della sonda P5A verso Marte condotto dall'Università di Marburg col contributo tecnico scientifico di enti governativi in Germania e quindi prima o poi il lancio ci sarà.

Per altri satelliti HEO di cui ogni tanto si sente parlare è mio personale parere che si tratti di arrampicate sugli specchi e quindi... no comment.

73" de i8CVS Domenico

Editing & PDF: IZ6BMP 21/01/2021



<https://www.hamradiospace.it/>

<https://www.facebook.com/groups/hamradiospace.it>