

Traduzione dell'articolo "FLYING UNDER PRESSURE" di Robert N. Rossier tratto dalla rivista Sport Aviation di marzo 2003.

Imparate a prevenire avarie all'impianto statica-dinamica.

L'IMPIANTO STATICA DINAMICA

SOMMARIO

L'autore spiega in modo semplice il funzionamento dell'impianto statica-dinamica, la sua funzione, la sua importanza, le avarie più frequenti, alcune azioni per sopperire, in volo, a indicazioni errate, alcuni suggerimenti costruttivi.

Pochi impianti dei velivoli sono tanto apparentemente semplici come l'impianto statica-dinamica. Anche se i tubi di Pitot appaiono differenti, in realtà sono basicamente uguali. Un piccolo tubo orientato nel senso del volo misura la pressione d'impatto dell'aria, creata dalla velocità di avanzamento del velivolo, un piccolo foro perpendicolare alla direzione del volo preleva la pressione (statica) dell'ambiente. L'indicatore di velocità esegue la sottrazione dei due termini e fornisce la velocità.

La pressione statica alimenta, anche, l'altimetro, che correla la pressione ambiente con un riferimento noto e l'andamento dell'errore della pressione standard ci dice a quale quota stiamo volando. L'indicatore di velocità verticale (VSI) tramite una capsula con orifizio calibrato, converte la variazione della pressione statica in variazione di salita o di discesa.

A dispetto dell'apparente semplicità, l'impianto statica-dinamica può dare qualche grattacapo. Recentemente, un problema accaduto sul mio velivolo, mi ha fatto riflettere sull'impianto in questione e ripensare alcuni sintomi comuni. Il difetto cominciò appena dopo il decollo. Nonostante il normale assetto di volo, la velocità di salita aumentò più di quanto mi aspettassi. Retrassi il carrello e mi gustai la salita, annotando mentalmente la bassa temperatura e l'effetto del peso ridotto. Dopo aver livellato in crociera, la velocità alla mia quota e la potenza selezionata erano in accordo al manuale. Di sicuro, l'anemometro stava funzionando bene.

Quando iniziai la discesa, apparve qualche problema. Ridussi la potenza, non corressi il trim e la velocità rimase stabile. Quando però, livellai a una quota intermedia per un avvicinamento strumentale, il velivolo non rallentò, così ridussi ancora potenza.

In avvicinamento finale, la velocità non sembrava ancora corretta: era più bassa di quanto avrei voluto. Ricontrollai l'assetto e il valore della potenza, stavo scendendo veramente bene secondo il VASI (visual approach slope indication) e dedussi che stavo scendendo realmente alla velocità di avvicinamento corretta. Anche se rullai lentamente fino alla base, l'indicatore segnava un incredibile 45 mph. Dopo un po' di tempo al parcheggio, lo strumento si azzerò. Senza dubbio, qualcosa di serio era avvenuto e quella fu la fine del volo, finché la manutenzione non avesse risolto il problema.

Valori di pressione

C'è molto di più da dire sulla pressione, che da vedere. Tutti noi sappiamo che la pressione varia con la quota, ma non sempre cambia come ci aspettiamo. Una regola empirica è quella secondo la quale la pressione atmosferica si riduce di 1 in. Hg. per ogni 1000 ft di quota.

Possiamo velocemente verificarlo su un velivolo con elica a giri costanti (e quindi con l'indicazione della MAP). Se regoliamo la potenza e saliamo a 1000 ft, vedremo che la MAP si ridurrà di circa 1 in. per mantenere costante la potenza, regoliamo il gas, purché restiamo nell'ambito della corsa della leva. A tutta manetta, la MAP ci dirà la quota approssimativa. Se sottraiamo la MAP a tutta manetta da 30 e moltiplichiamo per 1000, otteniamo, all'incirca, il valore della quota sul livello del mare. Così, se la manetta del gas è tutta dentro e leggiamo una MAP di 25 in. potremmo trovarci a circa 5000 ft di quota sul livello medio del mare (MSL).

Quota	Pressione		
	PSI	mm Hg	in. Hg
S.L.	14.7	760.0	29.92
5000	12.2	632.7	24.91
10000	10.1	522.7	20.58
15000	8.3	429.3	16.9
20000	6.8	349.5	13.76
40000	2.7	141.2	5.56

Da un lato questa misura un po' grezza può essere di aiuto qualche volta, è realmente adeguata alla quota di 10000 ft o inferiore. Più quota facciamo, minore è la variazione della pressione ogni 1000 ft di quota (cfr. la tabella 1). Quando saliamo a quote di volo elevate, la variazione della pressione ogni 1000 ft. è solo una frazione di quella a livello del mare.

Nella realtà, solo raramente l'atmosfera presenta le condizioni "standard", descritte in tutti i testi fondamentali di aeronautica. Quando la temperatura è inferiore a quella standard di 59°F (15°C), l'atmosfera è più densa e la variazione della pressione per ogni 1000 ft. di altitudine vera è più grande. A temperature superiori a quella standard, l'atmosfera è meno densa e la variazione di pressione più piccola. Da qui, il detto "High to low, look out below" (dall'alto in basso, guarda bene sotto, ndt). Se voliamo da una zona ad alta pressione (o temperatura) verso una zona a bassa pressione (o temperatura), l'altimetro segnerà una quota superiore a quella effettiva e ne può conseguire una situazione insolita.

Anche quando si deve misurare la velocità, osserviamo che le cose cambiano con la quota. Un anemometro è calibrato a livello del mare ed è il solo posto dove esso è accurato. Quando saliamo in quota, la differenza tra la velocità indicata e quella vera si amplia. Un'altra regola empirica è che la velocità vera aumenta di circa il 2 % per ogni 1000 ft. di quota; così a 5000 ft., la velocità vera è all'incirca il 10% maggiore di quella indicata dall'anemometro.

Quando si viaggia oltre i 200 kts a circa 20000 ft. o più, la comprimibilità dell'aria, poco densa, rende lo strumento tradizionale molto impreciso. In questo campo, il velivolo dovrebbe misurare la velocità in M (rapporto tra la velocità del velivolo e quella del suono), che richiede alcuni calcoli e la misura della "temperatura totale dell'aria".

Molti strumenti sono dotati di una lunetta regolabile che permette di eseguire la correzione per la velocità vera. Tutto quello che dobbiamo fare è di selezionare la quota pressione (quella indicata inserendo 29,92 in. hg.) e la temperatura ambiente, ruotando la lunetta e la velocità vera si leggerà sulla scala rotante (il GPS fa di più dandoci la velocità al suolo).

Altri fattori influenzano la qualità della misura della velocità. Tutte le volte che il tubo di pitot non è orientato direttamente nel flusso del vento relativo, registra qualcosa di meno della velocità corretta. Questo può capitare quando cambiamo la configurazione del velivolo estendendo i flaps e/o il carrello.

Analogamente, tutte le volte che le prese statiche sono orientate anche di poco verso il vento relativo, misurano una pressione superiore a quella ambiente, questo è la ragione per cui il volo scoordinato (come la derapata o la scivolata) determina una misura bassa di velocità. Per compensare questo fenomeno, molti velivoli installano due prese statiche, una su ogni lato.

Infine, dobbiamo essere sicuri delle differenze tra la velocità indicata, calibrata e vera. Le velocità con cui abbiamo a che fare con le operazioni di ogni giorno sono quelle indicate, invece di quelle calibrate o vere, giusto per essere chiari. Comunque, il manuale di volo, spesso, contiene una tabella (i costruttori-amatori devono eseguire le prove in volo che consentono di ottenere queste informazioni) dove possiamo vedere gli effetti della velocità e della posizione dei flap sulla velocità letta.

Ricerca dei guasti sotto pressione

Durante l'addestramento, abbiamo imparato a diagnosticare i problemi dell'impianto pitot-statica. Se il tubo di pitot è bloccato, o da un insetto industrioso o da un pilota smemorato, l'anemometro non indica alcunché. In teoria, i piloti dovrebbero accorgersi di un'indicazione errata dello strumento durante la corsa di decollo e interromperlo.

Durante il volo, il ghiaccio potrebbe ostruire il tubo di pitot e se chiudesse anche il drenaggio, la pressione rimarrebbe intrappolata nei tubi e l'indicatore di velocità agirebbe come un altimetro, indicando un aumento di velocità durante la salita e una riduzione in discesa. Riscaldare il pitot prima del volo in condizioni di umidità visibile è la migliore soluzione per evitare il bloccaggio della sonda, dovuto al ghiaccio. Certamente, abbiamo bisogno di verificare l'eventuale ostruzione della sonda durante il prevolo perché insetti come gli schizzi di fango, possono trovare casa all'interno.

Il blocco delle prese statiche causa simili impazzimenti: principalmente, gli altimetri non indicheranno più le variazioni di quota, ma sballeranno anche le indicazioni di velocità. Scendere di quota con le statiche bloccate significa aumentare la velocità e salire con le statiche bloccate significa ridurre la velocità. Per fortuna, molti velivoli non pressurizzati hanno una presa statica alternata (qualche amatore dovrebbe prenderla in considerazione), una presa statica in cabina comandata dal pilota. Dato che la pressione in cabina è di poco diversa da quella esterna (di solito più bassa), l'altimetro segnerà un po' differente. Gli errori da 20 a 200 ft., dovuti alla statica alternata, sono caratteristici per molti piccoli velivoli. Tenetelo presente, se avete l'occasione di eseguire un avvicinamento strumentale con la presa alternata!

Se non disponete di una statica alternata, aprite il drenaggio dell'impianto, se il velivolo ne ha uno e lo potete raggiungere. Come ultima possibilità, rompete il vetro del variometro (VSI) per permettere alla pressione della cabina di comunicare con l'impianto per mezzo del foro calibrato nella capsula del VSI. Però, ho letto delle relazioni secondo le quali ci sono dei vetri difficili da rompere, così dovrete essere un po' creativi.

Tipicamente, il codificatore della quota del modo C del transponder è collegato all'impianto della statica del velivolo. Cioè, se la presa statica è chiusa, ATC non avrà alcuna possibilità di conoscere la quota a cui ci troviamo. Alcuni codificatori non sono collegati all'impianto della statica, proprio perché ATC sia in grado di aiutarvi nel conoscere la quota in caso di emergenza con presa statica chiusa, ma ciò significa che dovete sapere a quale impianto è collegato il vostro encoder.

Forse, il caso più complicato è quello del parziale bloccaggio della presa statica. Siamo imbarazzati perché l'altimetro e il VSI registrano correttamente, ma sono in ritardo durante salita e discesa. In modo analogo, la velocità mostra un aumento durante la discesa e una riduzione durante la discesa, ma le indicazioni ritornano corrette una volta che si è livellato il volo.

Sfortunatamente, nessuno di questi problemi "standard" sembrò applicabile al caso del mio velivolo. Molti giorni dopo l'inconveniente, i manutentori hanno spiegato la causa del guaio. Il tubo di plastica che collega il pitot all'anemometro si era ingarbugliato, perciò funzionava come una valvola di non ritorno. In aggiunta, il corpo dell'anemometro aveva una piccola perdita, di solito senza conseguenze. Quando la pressione era abbastanza elevata il tubo ingarbugliato era forzato a liberarsi e l'anemometro leggeva correttamente. Ma, non appena la velocità si riduceva, la pressione restava intrappolata nel tubo, finché l'eccesso usciva dalla perdita del corpo. Un problema relativamente semplice è diventato un vero rompicapo. Per fortuna, il guaio è avvenuto con un buon meteo. Se mi fossi trovato in condizioni di volo strumentale, sarebbe stato più difficile contrastare la distrazione.

Considerazioni di progetto e costruzione

I problemi dell'impianto statica-dinamica, non sempre piacevoli da risolvere, offrono alcune importanti considerazioni ai costruttori o restauratori che vogliono capire. Ovviamente, come evidenziato dal mio caso di rompicapo, il corretto percorso del tubo dal pitot all'indicatore di velocità è critico. Bisogna evitare con cura le curvature a gomito che possono determinare delle raggrinzature, quando il tubo si allunga o si accorcia a causa delle variazioni della temperatura.

Curate bene, ancora, le posizioni dove la tubazione può strisciare. Se un tubo si fora, la misura della velocità sarà sicuramente sbagliata.

“Il problema più comune dell’impianto statica-dinamica è il deterioramento dei tubi flessibili e degli attacchi terminali, che si screpolano nel tempo, per cui perdono” precisa Andy Myers dell’Integrity Air Services in Westerly, Rhode Island. Quando si costruisce o si restaura un velivolo, annotate con cura non solo le tubazioni e la loro condizione, ma anche quella degli attacchi terminali. Se appaiono screpolati o sembrano vecchi, sostituiteli prima che vi creino dei guai.

“I problemi dovuti all’umidità sono più frequenti nell’impianto pitot che in quello della statica” afferma Myers. “Se anemometro, altimetro e VSI oscillano insieme, vuol dire che c’è presenza di umidità nella linea. L’oscillazione avviene perché l’aria gorgoglia attraverso l’acqua”. Installare un drenaggio nel vostro impianto statica-dinamica è una buona idea.

La corretta installazione della sonda del pitot è critica per una corretta misura della velocità. Ogni errore di posizione nell’installazione può influire sulla lettura. Tutte le variazioni della velocità, dell’incidenza, del peso e della configurazione del velivolo influiscono sul flusso d’aria attorno alla testa del pitot, che causerà un errore nella lettura della velocità.

Anche il progetto dell’impianto statica è importante. “Una presa statica con più fori è meno sensibile al bloccaggio, a causa della cera o di altre sostanze, di una presa con un solo foro”, fa presente Myers. La doppia presa, una su ogni lato, rappresenta una ridondanza e consentirà una migliore misura durante un volo scoordinato. Per un velivolo IFR, prendete in considerazione l’installazione di una presa alternata o di un drenaggio dell’impianto raggiungibile dall’abitacolo.

L’impianto statica-dinamica appare semplice, ma, come tanti altri aspetti dell’aviazione, sono un po’ più complicati di come appaiono a prima vista. Immaginare la confusione che nasce quando un impianto semplice come quello della statica-dinamica va in avaria, può costituire un buon suggerimento per raffigurarsi i problemi in anticipo. Quando non sappiamo a quale quota voliamo o quanto veloci andiamo, stiamo veramente volando sotto pressione.

Prove dell’altimetro e del Transponder

Conoscere a che quota ci troviamo è una bella cosa e, per assicurarci che l’informazione è precisa, la FAR 91.411 richiede che certifichiamo il corretto funzionamento dell’impianto ogni 24 mesi calendariali. La regola si applica ai velivoli che operano in IFR, ma l’accuratezza dell’informazione della quota è importante anche per chi vola in VFR. Se il nostro velivolo installa un transponder, la FAR 91.413 richiede che anch’esso sia certificato ogni 24 mesi calendariali.

L’Appendice E alla Parte 43 contiene i requisiti per la prova dell’altimetro ed è più complessa di quanto uno s’immagini. La prova dell’impianto della statica è diviso in quattro passi: verificare che l’impianto non è bloccato da umidità e restrizioni; determinare che ogni perdita dell’impianto sia entro le tolleranze previste; verificare che l’eventuale riscaldamento della presa

funzioni; infine, stabilire che nessuna modifica o deformazione sia intervenuta nell'area della presa statica e possa causare un'imprecisione della sensibilità.

Il controllo dell'altimetro è più complesso. Dovete sbarcarlo dal velivolo e installarlo su un banco prova, che applicherà una depressione calibrata allo strumento e lo farà vibrare come sul velivolo. L'altimetro sarà sottoposto ad un insieme di prove, la prima delle quali misura l'errore della scala barometrica, che paragona la selezione della finestrella e l'indicazione delle quota corrispondente. Con l'altimetro selezionato a 29,92 in. Hg, la prova dell'errore di scala confronta la lettura sull'altimetro con la pressione calibrata con precisione, fino alla quota di tangenza pratica o al limite operativo dello strumento.

La prova dell'isteresi misura il movimento meccanico della capsula aneroide, assicurando che la "rigidezza" sia entro i limiti. Dopo alcuni minuti alla quota superiore dell'altimetro, la capsula deve restringersi allorquando la pressione ambiente aumenta. La prova successiva verifica che, dopo la prova d'isteresi, la lettura a quota del mare sia ancora entro i limiti.

Finalmente, la prova dell'attrito valuta le lancette dell'altimetro. Se il loro movimento è difficoltoso dopo che la capsula si è espansa, esse presentano un attrito elevato.

La prova del transponder, al paragone, è semplice. In sostanza, si tratta di verificare che il codificatore della quota legga la stessa quota dell'altimetro entro una tolleranza di ± 125 ft., in tutto l'intervallo operativo.

Controllo dell'altimetro per volo IFR

I piloti abilitati al volo strumentale sanno di dover controllare la precisione del loro altimetro, prima di ogni volo IFR, verificando che l'indicazione sia entro i 75 ft della quota dell'aeroporto per una data selezione dello strumento.

Se la prova è oggetto di valutazione, presenta anche dei limiti, dice Andy Myers dell'Integrity Air Services. "Anche se un altimetro segna bene ad una quota non significa che segni bene ad un'altra". Credendo di aumentare la precisione in quota, alcuni piloti applicano l'errore dell'altimetro misurato al suolo anche in volo. Ma, dice Myers, non è proprio così. "Esso può leggere male al suolo e bene in quota".

Un'altra cosa che ho imparato è che anche se un altimetro è preciso, non potete certificare l'impianto per operazioni IFR, a meno che esso abbia una carta di calibrazione del fabbricante. Alcuni vecchi velivoli, originalmente certificati per il volo VFR, non avevano un altimetro con la tabella richiesta e perciò non potevano essere certificati IFR. L'unica soluzione è d'installare un altimetro nuovo.