

Grup Scolar De Aeronautica
"Henri Coanda"
(Proiect De Absolvire)

Instalatii Si Accesorii ale motorului cu turbina

*Profesor Indrumator
Predescu Mihai*

*Elev
Mihai Ionut*

Data Executiei Proiectului

05-05-2007

Instalatiile De Pornire ale Motoarelor de Aviatie

PRINCIPII FUNCTIONALE

Sistemele de pornire ale motoarelor de aviatie pot fi clasificate, dupa particularitatile functionale, astfel:

Sisteme de Pornire:

-directe-cu aer

-cu gaze

-cu motoare de antrenare(startere)-Motor cu piston

-Motor

electric:starter,starter-generator

-Motor cu turbina de gaze:antrenare

directa,antrenare prin generator electric

-Turbina:-aer:fara incalzire,cu

incalzire

-gaze:cu combustibil

lichid, cu pulbere
-Pneumatice
-Hidraulice

Sisteme de pornire directe, fara starter, folosesc pentru antrenarea rotorului, aer sau gaze comprimate, avand o presiune suficient de mare, pentru a asigura dezvoltarea in turbina a unui moment care sa asigure o turatie la care arderea sa fie stabila si motorul sa ajunga la regimul de ralanti. Aerul comprimat se distribuie pe paletele de turbina prin intermediul unor ajutaje situate in parteade la varful paletelor.

Desi foarte simple, usoare si sigure, asemenea sisteme de pornire nu pot fi folosite la motoarele cu turbina cu gaze (MTG) mai mari, deoarece au un randament scazut, dezvolta momente de antrenare initiale mici si ar necesita debite de aer comprimat deosebit de mari.

Sisteme de pornire cu motoare de antrenare (Startere)

Sisteme de pornire cu motor cu piston

Datorita greutatii lor mari, a puterii dezvoltate relativ mici, a timpului lung necesar pornirii, ca si posibilitatilor reduse de automatizare a procesului de pornire, folosirea ca starter a motorului cu piston nu s-a generalizat, fiind complet abandonata la constructiile actuale a MTG de tractiuni medii si mari pentru aviatie

Sisteme de pornire folosind motor electric drept starter

sunt mult utilizate la MTG de tractiune mici si medii, datorita dimensiunilor mici, pornirii simple si complet automatizate. Sistemul acesta se poate folosi prin alimentare de la sursele de energie electrica de curent continuu de la bord sau de la aerodrom. Pentru tractiuni mari, folosirea startelor electrice devine dezavantajosa ca urmare a greutatii mari pe care o necesita acumulatorul electric, precum si a variatiei insemnate a capacitatii acestora la temperatura joasa. Turbocompresorul reprezinta un MTG de dimensiuni mici, echipat cu toate agregatele necesare pornirii si functionarii independente, fiind folosit numai la pornire si in unele cazuri si pentru incarcarea acumulatorilor de la bordul avionului sau la alimentarea cu energie electrica a retelei de bord. Caracteristic pentru aceste MTG sunt dimensiunile mici, folosirea pe timp scurt (numai la pornire), greutate redusa, numar limitat de porniri. Ele au avantajul ca dezvoltati puteri mari, ceea ce permite ca pornirea MTG sa se faca in timp scurt si, daca este nevoie, sa se repete de mai multe ori procesul de pornire. Ca dezavantaje trebuie luate in considerare complexitatea constructiei, greutatea si cresterea timpului pregatirilor pentru efectuarea pornirii. Turatiile foarte mari, pe care le au turbo-compresoarele de pornire, necesita folosirea unor reductoare intermediare, care pot fi de tip cu roti dintate sau cu cuplaj hidraulic. Reductorul cu roti dintate cilindrice este simplu constructiv, cu

dimensiuni axiale mici, dar nu se pot obtine rapoarte prea mari de transmitere. Folosirea reductoarelor cu cuplaje hidraulice permite obtinerea unui grad variabil de transmisie, o cuplare fara socuri, iar dimensiunile sunt mult mai mici. Cuplajele hidraulice necesita insa pompe suplimentare de creare a presiunii lichidului, iar executia reductorului este mai complexa.

De la axul rotorului miscarea se transmite la cuplajul hidraulic iar de aici, prin rotile dintate si cuplajul cu clicheti, se antreneaza rotorul MTG de pornire. Cand turatia motorului atinge limita impusa, cuplajul cu clicheti asigura intreruperea miscarii de la turbocompresor la rotor. Prin cuplajul hidraulic miscarea se transmite arborelui, cuplajului cu clicheti si apoi rotorului. Etansarea spatiului hidraulic al cuplajului se face prin carcasa si segmentul de etansare. Cuplajul incepe sa functioneze la $n=29000$ rot/min, cand un regulator centrifugal deschide trecerea uleiului de la pompa de presiune. Uleiul trece prin orificii si patrunde in interiorul cuplajului. Dupa umplerea cu ulei a cuplajului, acesta incepe sa circule de la partea conducatoare la partea condusa ca urmare a fortelor centrifuge diferite la partea de pompa si turbina, intrucat turatiile sunt diferite. Ca rezultat al circulatiei uleiului, pe paletele radiale ale partii conduse va apare un moment de rasucire' egal cu momentul transmis la arborele rotorului MTG. Cuplajul hidraulic este format din partea conducatoare (pompa) si partea condusa (turbina), arborele, carcasa, segmentul de etansare si inelul de reglaj. Cele doua parti ale cuplajului au frezate paletele radiale care sunt prevazute la capetele cu un bandaj ce inchide canalele de circulatie a uleiului.

Sisteme de pornire cu turbostarter. Daca se dispune de o sursa de aer sau gaze la presiune mare si care sa dezvolte debite suficiente, pornirea MTG este posibila utilizand direct un starter format dintr-o turbina care antreneaza rotorul MTG.

Turbostarterul permite : obtinerea unor momente de rasucire mari la arbore si porniri repetate. El are piesele componente mai putin solicitate termic, este simplu constructiv si are dimensiuni si greutati mici:

-*turbostarterul cu aer* reprezinta un motor cu turbina axiala sau radiala la care foloseste aer comprimat rece sau incalzit .

-*turbostarterele cu gaze* se deosebesc de cele cu aer doar prin faptul ca folosesc drept fluid de lucru gazele la temperaturi foarte mari, produse prin arderea combustibililor lichizi sau solizi. Drept gaze se pot utiliza si produsele care rezulta din descompunerea unor substante chimice in prezenta unui catalizator.

Dezavantajele sistemelor cu gaze constau in numarul limitat de porniri determinate de capacitatea rezervorului de combustibil.

Instalatii de pornire ale motoarelor cu piston. Pornirea motorului cu piston se poate face fie cu ajutorul unei surse exterioare de energie care antreneaza arborele cotit pana la turatia de 100...150 rot/min (la care motorul poate sa functioneze singur), fie automat, utilizand diferite dispozitive. In primul caz, amestecul carburant care patrunde in cilindri este turbionat destul de intens, pentru ca la sfarsitul cursei de comprimare sa se aprinda de la scanteia autonoma. Puterea dezvoltata de motor, in acest caz, devine suficienta pentru a imprima arborelui cotit acceleratia necesara si pentru aducerea motorului in regim de functionare autonoma.

La pornire, sistemul de carburatie nu poate asigura calitatea amestecului, iar magnetourile nu pot genera scantei electrice intense, din cauza turatiei foarte reduse. De aceea, in sistemul de pornire al motoarelor mai sunt prevazute instalatii care inlatura aceste neajunsuri: pompe de pornire sau amorsare, bobine de inductie.

Dispozitivele de pornire automata utilizate se numesc *demaroare* sau *startere*.

Cele mai raspandite sunt cele care utilizeaza ca sursa de energie aerul comprimat si demaroarele automate electrice cu inertie.

Pornirea automata pneumatica. La acest sistem in camerele de ardere ale cilindrilor se introduce, in ordinea aprinderii, aer comprimat la presiuna ridicata. Introducerea aerului comprimat (realizata cu ajutorul distribuitorului de aer) se face in momentul cand pistonul se gaseste la inceputul cursei de destindere (moment optim). Forta care actioneaza asupra pistonului creeaza un cuplu de rasucire la arborele cotit, asigurand pornirea motorului si implicit, inceputul functionarii agregatelor si mecanismelor motorului.

In faza de pornire, aerul din butelia de aer comprimat de la bord trece in pompa de pornire. Aceasta pompa permite, conform reglajului ei, atat formarea amestecului carburant, urmata de trimiterea lui la distribuitorul de aer comprimat, cat si alimentarea separata cu aer si cu combustibil.

In cazul trimiterii separate a aerului si combustibilului in distribuitor, aerul patrunde prin conducta, care il trimite la nivelul supapelor de pornire, iar combustibilul trece prin conducta la injectoarele de pornire, montate de obicei in racordurile de aspiratie ale cilindrilor. Butelia de bord se incarca cu aer comprimat in mod continuu, cu ajutorul compresorului de aer, antrenat de arborele cotit.

In conductia compresor-butelie se insereaza de obicei filtrul de aer si automatul de presiune.

La atingerea presiunii admisibile in butelie, automatul de presiune evacueaza in exterior aerul pompat de compresor

Distribuitorul de aer consta din corpul fix cu capacul si din arborele rotativ, cu discul de distributie. Pe capacul corpului este racordata conducta prin care vine aerul de la butelie. Flansa corpului contine racordurile conductelor care duc aerul de la distribuitor la supapele de pornire din cilindri.

La motorul in 4 timpi, turatia discului (si a axului distribuitorului) trebuie sa fie de doua ori mai mica decat turatia arborelui cotit.

Pornirea automata electrica cu inertie. In acest caz se folosesc demaroarele electrice cu inertie.

Subansamblurile principale ale demarorului sunt: volantul, reductorul, cuplajul cu frictiune, mecanismul de cuplare si ansamblul de angrenare.

In schema pornirii electrice cu inertie, demarorul lucreaza cu un intreg echipament electric: motorul electric, contactorul electromagnetic, releul racului, bobina de pornire, butonul de pornire, butonul demarorului

Aceste agregate electrice ale instalatiei de pornire servesc la asigurarea pornirii automate a motorului.

Motorul electric cu curent continuu cu excitatia in serie serveste la ambalarea volantului demarorului.

Contactorul electromagnetic serveste pt. cuplarea la distanta a motorului electric, cu ajutorul butonului demarorului. Cuplarea butonului permite accesul curentului de la acumuloarele de bord la motorul electric.

Bobina de pornire debiteaza curentul de inalta tensiune necesar aprinderii amestecului carburant in momentul pornirii. Bobina se leaga in paralel cu releul racului si

functioneaza numai la cuplarea releului racului cu ajutorul butonului.

Releul racului serveste pentru comanda la distanta a mecanismului de cuplare a demarorului.

Butonul demarorului pune in functiune motorul electric, prin contactorul electromagnetic , decupleaza motorul electric si cupleaza releul racului si bobina de pornire, pentru antrenarea racului demarorului cu arborele cotit al motorului.

Cand turatia volantului atinge circa 10 000-20 000 rot/min, el dispune de energia cinematica suficienta pentru rotirea arborelui cotit. Intre volant si axul de transmitere a miscarii la arborele cotit, este interpus reductorul demarorului care reduce turatia pana la un raport de 150:1.

Cuplajul cu frictiune al demarorului este plasat intre reductor si mecanismul de cuplare. El serveste pentru limitarea marimii momentului de rasucire transmis de demaror arborelui cotit.

Instalatii de Pornire ale turbomotoarelor.

Pornirea la sol. Functionarea MTG impune : asigurarea unui debit de aer avand o presiune suficient de mare ; introducerea in aerul comprimat a unei cantitati bine determinate de combustibil ; organizarea amestecului si initierea arderii acestuia. Pentru obtinerea unui debit de aer minim necesar si la o presiune care sa permita arderea, se impune initial, la pornirea motorului la sol, compresorul acestuia sa fie antrenat in miscare de rotatie cu ajutorul starterelor. Intrucat la turatii foarte mici, corespunzand procesului de pornire, pompele principale de combustibil nu pot asigura presiuni suficient de mari pentru o pulverizare satisfacatoare a combustibilului in camera de ardere,

este necesar sa se prevada o instalatie de combustibil separata si pentru pornire. Initierea aprinderii amestecului in camera de ardere se face prin intermediul unor bujii care vor functiona doar pe timpul procesului de pornire. Variatia turatiei si deci a parametrilor fluidului, inceperea functionarii stabile a motorului, ca si necesitatea limitarii temperaturii maxime a gazelor si a duratei de

pornire fac necesara includerea in sistemul de pornire si a unor automate de reglaj. Pentru pornirea la sol a MTG este deci necesar ca sistemul de pornire sa fie format din starter, instalatia de combustibil, instalatia de aprindere, automatele de reglaj.

Pornirea MTG este necesara uneori si in timpul zborului la diferite viteze si inaltimi de zbor. Cerintele mai

importante pe care trebuie sa le asigure orice sistem a MTG sunt:

- functionarea sigura in orice conditii ale mediului ambiant;
- punerea in stare de functionare a motorului in timp cat mai scurt;
- sa permita porniri repetate la intervale mici de timp;
- sa fie simplu constructiv, usor, cu dimensiuni reduse, iar costul unei porniri sa fie mic;
- sa nu necesite o intretinere deosebita si sa reziste in conditii de exploatare dintre cele mai grele;
- sa aiba sursa mare, comparabila cu a intregului motor.

Siguranta pornirii motorului depinde de : tipul si puterea dezvoltata de catre starter ; calitatea amestecului carburant dat de instalatia de combustie ; intensitatea flacarilor dezvoltata de instalatia de aprindere, precum si de organizarea corecta a diferitelor etape ale pornirii.

Procesul de pornire are trei etape distincte.

In *etapa I* , turatia variaza de la $n=0$ la $n=N_1$ ca urmare a antrenarii motorului in miscare de catre starter.

Debitul si presiunea aerului cresc suficient pentru a avea loc un proces de aprindere. La sfarsitul perioadei

se injectează combustibilul și se inițiază aprinderea amestecului cu ajutorul bujiilor.

Temperatura gazelor crește până la valoarea limită impusă de rezistența paletelor de turbină. Curgerea gazelor prin turbină începe să producă un moment motor. Toată puterea este necesară antrenării în rotație este dată de către starter.

În *etapa a-II-a*, turatia variază când se întrerupe funcționarea starterului. Momentul dat de turbină crește odată cu turatia, ajungându-se să echilibreze momentul rezistent, dat de totalitatea elementelor antrenate în mișcarea de rotație.

În *etapa a-III-a*, cuprinde domeniul de turatie de la decuplarea starterului și până când motorul ajunge la turatia de ralanti. Diferența dintre momentul dat de turbină și momentul rezistent este mare, turatia continuă să crească, pompele de combustibil din sistemul principal debitează la o presiune suficientă, pentru a se obține o pulverizare bună a combustibilului prin injectoarele aflate în camera de ardere. Sistemul de reglaj automat reduce și apoi întrerupe alimentarea cu combustibil din sistemul de pornire, scade debitul de combustibil, scade temperatura gazelor, se micșorează, ajungându-se că la turatia de ralanti să existe, iar întregul sistem de pornire să întrerupă funcționarea, creșterea turatiei motorului urmând să se facă în continuare prin variația cantității de combustibil dat de sistemul principal de combustibil. Turatiile, caracteristice pentru regimul de pornire al motorului, depind de particularitățile constructive și funcționale ale compresorului și turbinei, de condițiile atmosferice, precum și de caracteristica starterului. Turatia de ralanti se stabilește din condiția ca motorul să aibă o

functionare stabila la temperatura care sa fie cea mai mica posibila.

La fiecare turatie a motorului exista un echilibru intre momentele date de: turbina , de rotor , de accelerare si de starter.

Momentul rezistent reprezinta suma momentelor produse de: frecarile din lagare, rezistenta gazo-dinamica si de inertia compresorului.

Ponirea in aer. Oprirea in aer a motorului, datorita intreruperii flacarii in camera de ardere, prezinta particularitatea ca in functie de viteza si inaltimea de zbor rotorul continua sa se afle in miscare sub actiunea presiunii dinamice a aerului care patrunde in motor.

Dupa intreruperea arderii in camera, turatia motorului incepe sa scada atingand o valoare limita, valoare care variaza cu viteza si inaltimea de zbor.

Daca se analizeaza variatia dozajelor, respectiv a excesului de aer in functie de inaltimea de zbor, rezulta ca peste inaltimea $h=18. . .20\text{km}$ amestecul nu poate fi aprins si motorul, practic, nu se mai poate porni.

Cresterea inaltimii la care este posibila pornirea in aer si favorizarea initierii aprinderii se obtine si prin introducerea de O_2 (oxigen) in camera de ardere pe timpul cat functioneaza sistemul de aprindere

O alta cale de marire a sigurantei pornirii la inaltimi mari este aceea de a cupla sistemul de aprindere inainte de a se obtine regimul de autorotatie, respectiv cand compresorul are inca un rol activ (producand o presiune mai ridicata in camera de ardere), iar debitul de aer este de 4-6 ori mai mare ca in regimul de autorotatie.