

Lentomoottoreiden karstanpoltto koekäytön yhteydessä

Lentokoneiden mäntämoottoreiden koekäytön yhteydessä ilmenee toisinaan käyntihäiriöitä, jotka liittyvät moottorin sytytystulppien karstoittumiseen. Karstaa syntyy erityisesti lennettäessä laihentamattomalla seoksella (laskukierros, pakkolaskuharjoitukset, sakkausharjoitukset). Käyntihäiriöt esiintyvät useimmiten koekäytettäessä moottoria yhdellä magneetolla (LEFT/RIGHT), jolloin käynti muuttuu epätasaiseksi ja ravistavaksi ja moottorin ääni muuttuu tasaisesta jyrinästä nykiväksi röpötykseksi. Usein käyntihäiriöihin liittyy moottorin kierrosluvun putoaminen yli suurimman sallitun.

Sytytystulppien karsta voidaan useimmissa tapauksissa poistaa ja palauttaa moottorin tasainen käynti käyttämällä moottoria kovilla kierroksilla ja laihentamalla seosta niin, että moottorissa saavutetaan kuumin palotapahtuma. Seuraavat ohjeet karstanpoltosta ovat yleisluontoisia, kokemuksen perustuvia ja sopivat yksimoottorisille yleisilmailukoneille. Ennen karstanpolttoa varmista koneesi lentokäsikirjasta, voiko kyseiselle koneyksilölle suorittaa karstanpolttoa, ja millä edellytyksillä!

Epätasaisen käynnin esiintyessä moottorin koekäytön yhteydessä:

- 1) Aseta seos täysin rikkaalle
- 2) Varmista, ettei kone pääse liikkeelle (jäinen tai märkä alusta) ja aseta moottorin
- 3) kierrokset n. 400 rpm koekäyttöarvoa korkeammaksi (tyypillisesti 2000-2200 rpm)
- 4) Laihenna seos käyttäen polttoaineen virtausmittaria, pakokaasun lämpömittaria (EGT)
- 5) tai kierroslukumittaria arvoon, jolloin moottorin teho on suurimmillaan.
- 6) Pidä suuri teho moottorissa 20-40 sekuntia.
- 7) Aseta seos täysin rikkaalle ja vähennä teho takaisin koekäyttöalueelle.
- 8) Suorita koekäyttö uudelleen. Jos käynti on epätasaista, voit toistaa karstanpolton. Jos
- 9) toinen yritys ei paranna moottorin käyntiä, peruuta lento ja ota yhteyks huoltoon!

Seoksen laihentaminen lennolla

Lentomoottoreiden polttoainetaloudellisuutta ja toimintavarmuutta voidaan parantaa merkittävästi laihentamalla polttoaineseosta lennon aikana. Laihentaminen voidaan tehdä moottorin kierrosluvun, polttoaineen virtausmittarin (fuel flow) tai pakokaasun lämpötilamittarin (Exhaust gas temperature, EGT) perusteella. Seuraavat ohjeet ovat yleisluontoisia Cessna 150/152/172-koneille; varmista käyttämäsi koneen lentokäsikirjasta tarkat arvot ja ohjeet laihentamiselle!

TTT-Aviationin lentotoiminnassa seos laihennetaan aina lukuun ottamatta laskukierroslentoja.



29.1.2015

Laihennus moottorin kierrosluvun perusteella

Kun kone on vakiintuneessa vaakalennossa haluttu teho asetettuna, vedä seossäätöä hitaasti taaksepäin, kunnes moottorin kierrosluku saavuttaa suurimman arvonsa ja alkaa laskea. Tästä kohdasta seosta rikastetaan kääntämällä seossäätöä puoli kierrosta rikkaalle, jolloin saavutetaan moottorivalmistajan suosittelema best economy-seos.

Laihennus polttoaineen virtausmittarin avulla

Jos kone on varustettu polttoaineen virtausmittarilla, lentokäsikirjasta etsitään haluttu tehoasetus ja säädetään seoksensäädöllä polttoainevirtaus oikeaan arvoon.

Laihentaminen pakokaasun lämpömittarin (egt) avulla

Pakokaasun lämpömittarilla varustetun moottorin laihentaminen suoritetaan seuraavasti: seoksensäätöä vedetään taaksepäin, kunnes EGT saavuttaa korkeimman arvonsa. Tästä kohdasta seosta rikastetaan kääntämällä seossäätöä rikkaalle niin pitkään, että EGT putoaa 25-50°.

HUOM! Kun säädät seosta lennolla, käsittele seossäätöä rauhallisesti ja huolellisesti. Säätimen rakenteesta johtuen on mahdollista vetää seos vahingossa täysin taakse eli laihalle, jolloin moottori sammuu. Laihennettaessa seossäätimen liikkeen tulisi olla luokkaa 5 cm eturajoittimesta taaksepäin!

Ohjeen hyväksynyt operatiiviseen käyttöön 29.1.2015.

Aarne Raunio
Koulutuspäällikkö



Koskapa on ilmeistä, että suurimmalle osalle moottori-ilmailun harrastajista ja jopa eräille nuoremmista ammattilaisista seoksen laihentaminen ei ole niinkään itsestään selvä ja yksiselitteinen asia lienee paikallaan hieman tarkastella tätä tapahtumaa ja kaikkea sitä, mitä seosvivun liikuttaminen moottorissa saa aikaan.

Tämä artikkeli tukeutuu arsin vankasti amerikkalaisen ALCOR yhtiön julkaisemaan esitteeseen "EGT and Combustion Analysis in a Nutshell". Alcor on tunnettu polttoaineen käsittelyn asiantuntija ja mm. EGT-laitteiden valmistaja, joten tietoa sanojen takana varmasti on riittävästi. Laihentamisesta on tämän lehden sivuilla ennenkin kirjoitettu (mm. Ilmailu 12/76, 3/77), mutta tämä lisä tuskin haittaa.

Perusteet

Jotta laihentamisesta saataisiin täysi hyöty on tärkeätä tuntea perusasiat. Lentokoneen mäntämoottoria voidaan verrata joukkoon hevosia, sillä jokainen sylinteri on moottori sinällään ja saatavan kokonaistehon määrä on riippuvainen näiden hevosten — sylinterien — hoidosta ja ruokinnasta.

Nelitahtisen moottorin tahdithan ovat imu-, puristus-, työ- ja poistotahti. Imutahdin aikana sylinteriin syötetään polttoainetta ja ilman seosta. Puristustahdin aikana mäntä puristaa tämän seoksen puristustilaan, jolloin sen paine nousee n. 4 kp/cm². Hieman ennen puristustahdin loppua seos sytytetään ja voimakkaasti laajenemaan pyrkivä seos työntää mäntää alas, jolloin se tekee ja tuottaa sille kuuluvan työn. Kierron loppuksi pakoventtiili aukeaa ja palokaasut poistuvat sylinteristä.

Kuvassa 1 on kaavamaisesti esitetty kuinka tehovipu säätelee sylinterille menevän ilman

Polttoaineen ja moottorin säästämisen nimissä:

LAIHENNA JA LAIHENNA KUNNOLLA

Jos sa kerran laihennat niin laihenna kunnolla...

Näinkin voitaisiin sanoa lentäjille, joilla usein on jonkinlainen tieto siitä, että laihentaa pitäisi mutta ei enää tarkein siitä, kuinka ja mitä apuneuvoja käyttäen. Seosvivoipin on monelle edelleenkin vain moottorin pysäyttämistä varten.

TEKSTI: REINO RAITAKARI

Tässä kaksiosaisessa artikkelissa Finlairin Ilmailuopiston Kuopiossa toimiva lennonopettaja Reino Raitakari selvittää laihentamisen salat ja suosittelee tämän operaation parhaaksi apuvälineeksi EGT-mittaria. Artikkelin jälkimmäinen osa julkaistaan seuraavassa Ilmailun numerossa.

PIIRROKSET: HANNU KUITALAHTI

ja seosvipu siihen sekoittuvan polttoaineen määrää. Polttoainetta ja ilmaa siis sekoitetaan toisiinsa tarkoin määritetyssä suhteessa jota kutsutaan yleisesti seokseksi. Tämän seoksen suhde vaikuttaa suoraan sylinterissä tapahtuvan palamisen lämpötilaan ja se on puolestaan välittömästi mitattavissa pakokaasun lämpötilana.

Kullekin moottorille suositellut polttoainevaatimukset määräytyvät sylinterille menevän seoksen mukaan, eikä polttoaineen virtauksen avulla. Tästä johtuen polttoaineen virtauksen mittari, oli se sitten rakenteeltaan ja toimintatavaltaan millainen tahansa, ei koskaan anna niin tarkkaa kuvaa vaaditusta seoksesta kuin mitä pakokaasujen lämpötilaa tarkkailemalla pystytään aikaansaamaan.

Polttoaine, joka moottoriin menee, sekoitetaan ilmaan joko kaasuttimessa tai ruiskutusmoottorin imuputkistossa ja sen määrällä pyritään tiettyyn palamislämpötilaan. Mäntämoottori on lämpövoimakone ja mikäli polttoainetta käytettäisiin pelkästään lämmön tuottamiseen, voitaisiin seoksen säätöä huomattavastikin yksinkertaistaa. Polttoaineen toinen tehtävä on kuitenkin lisätä osaltaan moottorin jäähdytystä, milloin se on tarpeen.

Laihentamisen seuraaminen

Seoksen laihentamista pystytään valvomaan neljällä eri

tavalla: pyörimisnopeusmittarin, sylinterinpään lämpötilan, polttoaineen virtauksen ja pakokaasujen lämpötilan avulla.

Pyörimisnopeusmittarin mukaan laihentaminen tulee kysymykseen ainoastaan kiinotokurisissa lentokoneissa, joissa ei ole muuta laitteistoa laihentamisen valvomiseksi. Seosta laihennetaan tasaisesti ja seurataan pyörimisnopeusmittarin arvoja. Kun se saavuttaa maksimin seoskin on lähimain oikea.

Menetelmän tarkkuus ei koskaan ole niin hyvä kuin laihentamiselta yleensä tulisi vaatia. Yksinkertaisimmilla lentokoneilla toimittaessa tämä menetelmä tulee kysymykseen lähinnä silloin kun käytetään imuilman lämmitystä.

Etulämmityshän tunnetusti rikastaa seosta ja sen käyttöön tulisi ilman muuta kuulua osana laihentaminen. Kun imuilman lämmitys vedetään päälle pyörimisnopeus putoaa seoksen rikastumisen ja sylinterin huonontuneen täytösasteen vuoksi. Ilannetta voidaan hieman auttaa vetämällä seosvipua laihalle niin paljon, että pyörimisnopeus nousee lähes ennalleen. Nyt sylinterille menevä seos on lähimain oikeassa suhteessa ja moottori käy varsin mukavasti. Samalla pystytään pienentämään toista etulämmityksen käytön mukanaan tuomaa haittaa, nimittäin polttoainekulutuksen kasvua.

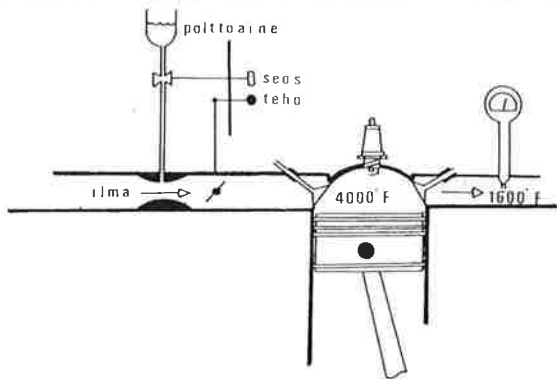
CHT:n (Cylinder Head Temperature) eli **sylinterinpään lämpötilan** hyväksikäyttö laihentamisessa on

enemmän suuntaa antava kuin varsinainen laihennusmetodi. Sylinterinpään lämpötila muuttuu suuresta massasta johtuen hitaasti ja tämän seurauksena voidaan sylinteriä pitkään käyttää liian laihalla seoksella ilman, että siitä saadaan minikäänlaista näyttöä. Laihentamalla tavoiteltu seossuhde palaa kuitenkin kuumimpana ja siksi tämä menetelmä ja mitaustapa ovat hyväksyttävissä laihentamisen seuraamiseksi, vaikkakaan kulloinkin kysymyksessä olevan seoksen suhdetta ei saada välittömästi tietoon.

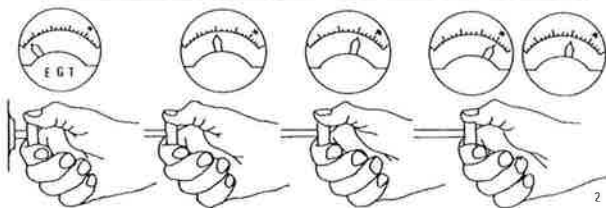
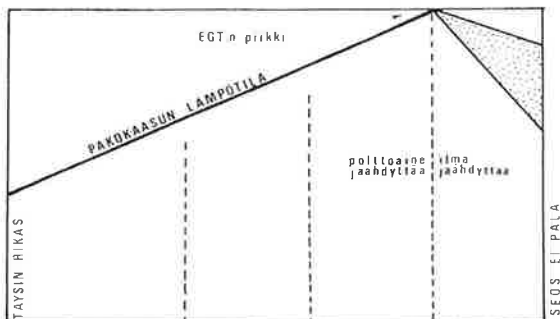
Polttoaineen virtausmittari eli FF (Fuel Flow) ei nimestään huolimatta mittaa polttoaineen virtausta vaan ruiskutusjärjestelmässä vallitsevaa polttoaineen painetta. Koska ruiskutussuuttimien koko ja lukumäärä on kuitenkin tiedossa, voidaan sen perusteella antaa summittainen virtausarvo. Kun lisäksi on tiedossa kunkin moottorin kuluttama polttoainemäärä tietyllä tehoasetuksella voidaan seoksen suhdetta likimain valvoa ja säädellä FF:n mukaan.

Tämä on toki paljon parempi tapa valvoa laihentamista kuin edellä mainitut, mutta sen käyttö on hieman työlästä, sillä oikein suoritettuna se vaatii aina tehokkaan käyttöö.

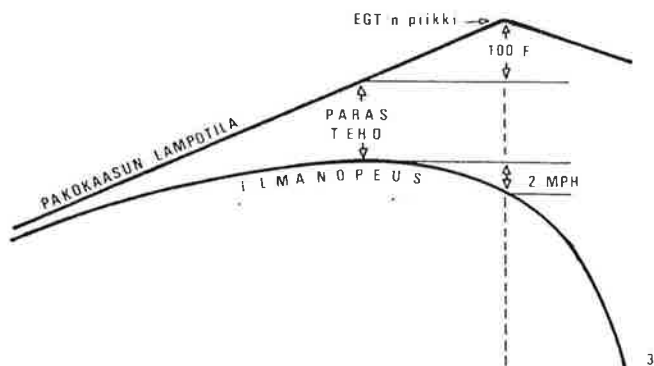
Pakokaasun lämpötilan perusteella suoritettu laihentaminen on nopein ja tarkin yleisesti käytössä olevista menetelmistä. Pakokaasujen lämpötilaa tarkkaillaan EGT-järjestelmän avulla.



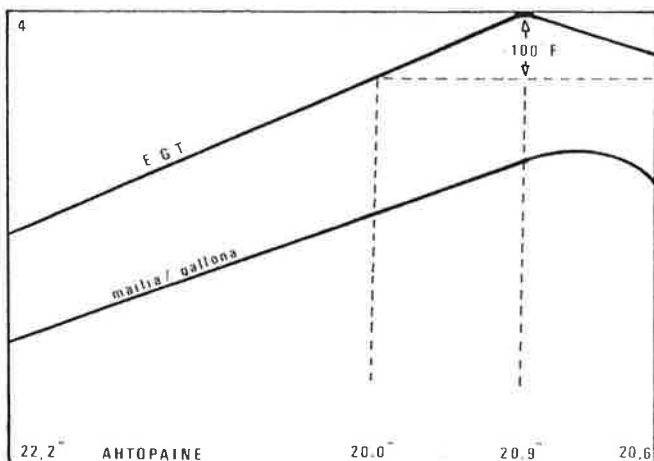
Tehovipu säätelee sylinterille menevän ilman ja seosvipu siihen sekoittuvan polttoaineen määrää.



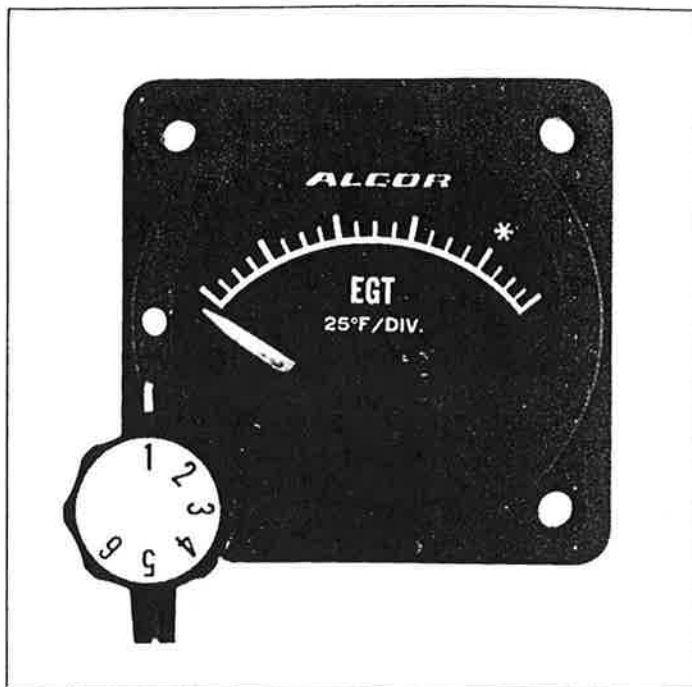
Näin pakokaasun lämpötila nousee laihennettaessa.



Paras teho ja suurin ilmanopeus saavutetaan n. 100°F alle EGT:n piikin sen rikkaammalla puolella.



Tämä käppyrä osoittaa, että laihentaminen EGT:n piikkiin antaa maksimi lentomatkan.



(EGT = Exhaust Gas Temperature)

Seossäädön villakoiran ydin: EGT-mittari.

EGT:n piikki on seossäädön avain

Miksi sitten EGT on niin erinomaisen hyvä seoksen säädössä? Miksi ei käytettäisi esimerkiksi sylinterinpään lämpömittaria apuna?

Yli kolme vuosikymmentä sitten ohjaajat käyttivät CHT:tä laihentamisen valvomiseen ja seoksen säätämiseen eräissä suurissa kuljetuskoneissa. Tämä menetelmä oli varsin hankala, sillä se vaati avukseen erityisen käyrästön ja polttoaineen virtausmittarin, joiden avulla haluttu seossuhde voitiin määrittää.

Uudella tavalla seoksen säätöä tarkasteltaessa on huomattava seoksen laihentamisen vaikutus palamislämpötilaan. Sen seuraaminen tekee polttoaineen virtausmittarin ja lasketut käyrästöt tarpeettomiksi.

Tämä menetelmä vaatii kuitenkin välittömän ja riittävän herkin näytön pakokaasun lämpötilasta, jotta pienimmätkin erot voidaan havaita heti kun ne ilmenevät.

Kuvassa 2 on esitetty pakokaasun lämpötilan nouseminen seoksen laihentamisen myötä. Kun seosta laihennetaan täyden rikkaan arvosta pakokaasun lämpötila nousee, sillä ylimääräisen polttoaineen

osuus seoksessa vähenee. Tällä ylimääräisellä polttoaineella on jähdyttävä vaikutus, joten vähemmän ylimääräistä polttoainetta – kuumempi pakokaasu.

Niin kauan kuin tätä ylimääräistä polttoainetta seoksessa esiintyy, EGT-arvo nousee laihentamisen funktiona ja kun se on saatu kokonaan poistettua, EGT:n arvo on huipussaan. Mikäli seoksen laihentamista edelleen tästä jatketaan, EGT:n arvo laskee, sillä seoksessa nyt ylimääräisenä oleva ilma jähdyttää pakokaasuja.

EGT:n huipun oikealla puolella oleva pilkuttettu alue kuvaa kuinka eri moottorit poikkeavat huomattavastikin toisistaan laihan seoksen polttamisessa. Tämä esiintyy käytännössä moottorin karkeana käyntinä. Jos seosta edelleen laihennetaan sylinterissä tapahtuva palaminen loppuu kokonaan. Riittävän laihalla seoksella palamishuippu voi kadota kokonaan tai tulla erittäin alhaiseksi. Samoin voi esiintyä sekundäärinen piikki eli huippuarvo, joka viittaa tietämättömyyteen seoksen säätämisessä.



LAIHENNA KUNNOLLA

••• **MUISTA!** Kun käytät EGT:tä seoksen säätämiseen kaikki säädöt tulee tehdä EGT:n piikkiin verraten.

EGT-järjestelmä

Pakokaasun lämpötilaa valvova laitteisto ei ole kallis eikä kovinkaan monimutkainen asentaa mihin tahansa nykyaikaiseen lentomoottoriin. Siihen kuuluu pakoputkeen sijoitettava anturi ja ohjaamoon tuleva näyttölaite. Anturi synnyttää lämmetessään tarvittavan virran, joten laitetta ei tarvitse liittää koneen sähköjärjestelmään.

Anturia pakoputkeen asennettaessa on tarkoin seurattava valmistajan antamia ohjeita. Mikäli anturi sijoitetaan lähemmäksi kuin 1,5 tuuman päähän sylinteristä sen käyttöikä saattaa olla rajoitettu. Toisaalta jos se sijoitetaan liian pitkälle pakoputkeen, sen näyttö tulee olemaan liian hidas. Kalliimpi ratkaisu on sijoittaa jokaisen sylinterin pakoputkeen oma anturi. Tällöin näyttölaitteessa tulee olla valintakytkin, jotta jokaisen anturin arvo olisi saatavissa. Kaikissa tapauksissa tulee asennusohjeita seurata erittäin tarkasti, jotta mittarin näyttö olisi luotettava.

Useimmat EGT-mittareiden valmistajat ovat yhdenmukaistaneet mittarin asteikon jaon 25°F väleihin. Muutamat valmistajat ovat menneet vieläkin pitemmälle ja varustaneet näyttölaitteensa 1.200–1.750°F (650° – 950°C) asteikolla. Lycoming moottorien normaali EGT-ar-

vo on 1.200–1.600°F (650–870°C).

EGT:n lyömätön etu, kuten jo edellä todettiin, on sen välitön näyttö palamistapahtumasta, mikäli seossäätövipua käytetään rauhallisesti. Tämän järjestelmän avulla laihennettaessa voidaan ja tuleekin kulmakivenä pitää EGT:n piikkiä (engl. peak = maksimi, huippuarvo).

Laihentaminen näkyy heti EGT-arvon muutoksena. Siihen vaikuttavat myös eri tehoasetukset, korkeuden ja ulkoilman lämpötilan muutokset. EGT:n näytön ollessa maksimissaan polttoainevirtauksen lisääminen tai vähentäminen laskee pakokaasun lämpötila.

Jos seosta rikastetaan, lisääntyy ilman määrä. Molemmilla on jäähdyttävä vaikutus ja se näkyy heti EGT:n arvon laskemisena.

Kohokammiokaasuttimilla varustetuissa lentomootoreissa EGT:n piikki on usein epämääräinen, koska polttoaineen ja ilman seos ei ole niin homogeeninen kuin ruiskutusmoottorissa ja kaiken lisäksi eri sylinterit saavat sitä eri suuruisen määrän. Tästä johtuu, että kaasutinmootoreissa tulisi EGT:n arvo pitää n. 25°–50°F maksimiarvon rikkaammalla puolella. Toisaalta 250 hevosvoiman ja sitä suuremmat moottorit tulisi säätää tarkalleen EGT:n piikkiin edellyttäen, että ne ovat ruiskutusjärjestelmällä varustettuja. Näin ollen EGT-järjestelmän käyttö on tarkoituksenmukaisin ruiskutusmootoreissa, joskin puollettavissa muissakin.

Piikillä pisimmälle

Matkalentoseosasetuksilla EGT:n piikki on normaalisti edullisin, sillä se antaa seossuhteen, jolla saavutetaan polttoaineen palamisen suurin hyöty eli suurin energia polttoaineyksikköä kohti.

Kuvassa 3 on esitetty laihtamisen vaikutus koneen ilmanopeuteen pidettäessä kierrosluku ja ahtopaine vakiona. Kuten kuvasta ilmenee paras teho ja suurin ilmanopeus saavutetaan noin 100°F alle EGT:n piikin sen rikkaammalla puolella. Tämä lisää kulutusta noin 15% verrattuna EGT:n piikkiin.

On myös huomattava, että jos seos laihennetaan parhaan tehon antavasta suhteesta

EGT:n piikkiin ilmanopeus laskee n. kahdella maililla tunnissa ja mikäli laihtenemista edelleen jatketaan nopeus putoaa hyvin jyrkästi. Aina kun lentokoneen toimintamatka on riippuvainen sekä seoksen säädöstä että tehoasetuksesta, seossäädön vaikutus lentomatkkaan on parhaiten huomattavissa tilanteessa, jossa teho pidetään vakiona (vakio ilmanopeus) muuttamalla ahtopainetta seoksen säädön yhteydessä. Tämä on esitetty kuvassa 4. Huomaa, että mentäessä EGT:n piikin laihemmalle puolelle ei lentomatka galloniaa kohti lisäänty enää merkittävästi, mutta ahtopaineen tulee sen sijaan olla jo huomattavasti suurempi saman ilmanopeuden säilyttämiseksi. Tästä syystä laihtaminen EGT:n piikkiin maksimi lentomatkan saavuttamiseksi on ainoa järkevä seosasetus.

Hieman ylimääräistä polttoainetta (15 %) pienen tehollisuuden aikaansaamiseksi on ainoastaan yksi syy toimia piikin rikkaammalla puolella. Mikäli matkalentotehoasetus on riittävän suuri ylimääräistä polttoainetta tarvitaan jäähdyttämiseen. Jos tehoasetus on sen sijaan alhainen, ei ole mielekästä käyttää ylimääräistä polttoainetta, ellei sitä tarvita tasaamaan seoksen jakautumista eri sylinteriiden kesken kaasutinmoottorissa. Tästä lisää tuonnempana.

Yhdenkään nykyaikaisen lentomoottorin perushuoltovälin ei ole huomattu lyhentyneen, vaikka moottoria on käytetty EGT:n piikillä ja jopa 65 % tehoasetuksella. Tämä on kuitenkin edellyttänyt "kuumimman" sylinterin käyttämistä seoksen säädön lähtökohtana. Continental ei salli moottoreittensa laihtamista EGT:n piikkiin yli 55 % tehoasetuksella, mutta Lycoming sallii tämän aina 75 % tehoon asti tavallisilla ja 65 % tehoon asti ahdetuilla moottoreilla.

EGT:n piikin määrittely

EGT:n piikki voidaan yksinkertaisesti määritellä polttoaineen ja ilman täydellisenä palamisena. Se tapahtuu seossuhteella 1:15, joka tarkoittaa, että 15 kiloon ilmaa sekoitetaan yksi kilo polttoainetta. Tämän seoksen palaminen on niin täydellistä, että kumpaa-

kaan "alkuainetta" ei jää jäljelle, ei bensiiniä, eikä happea.

Mikäli seos on laihempi kuin EGT:n piikki edellyttäisi, siinä on liikaa ilmaa ja sitä jää yli palamistapahtumassa. Vastaavasti EGT:n maksimi-arvoa rikkaammassa seoksessa on liikaa polttoainetta eli enemmän kuin mitä ilman sisältämä happi pystyy polttamaan. Toimiminen EGT:n piikillä, etenkin pitkällä lennoilla, ei ole kannattavaa ainoastaan toimintamatkan ja -ajan vuoksi, vaan sillä pystytään myös estämään tai ainakin huomattavasti vähentämään sytytystulppien tukkeutumista.

Jos jokaisen sylinterin pakoputkeen on sijoitettu EGT:n anturi sylinterien välinen lämpötilaero on selvästi havaittavissa. Ruiskutusjärjestelmällä varustetuissa moottoreissa tämä ero voi olla jopa 100°F ja kaasutinmootoreissa peräti 200°F.

Kaasutinmoottorin suuret lämpötilaerot johtuvat ilman ja polttoaineen huonosta sekoittumisesta. Toimittaessa kylmässä säässä sekoittuminen huononee entisestään ja lennettäessä alle 0°C säässä sekoittuminen on niin vavaista, että lämpötilaerot ovat selvästi havaittavissa.

On myös tärkeää huomata, että laihennettaessa seosta niin paljon, että moottorin käynti muuttuu karkeaksi ei suinkaan ole kysymys nakutuksesta, vaan siitä, että joku sylinteristä ei saa enää riittävästi palamiskelpoista seosta tuottaakseen täyden tehon. Tämä on tyypillistä etenkin kaasutinmoottoireille. Ryhdyttäessä laihtamaan moottoritehon tulee olla ehdottomasti valmistajan suosittamalla tasolla tai sen alapuolella. Ainoastaan tämä takaa moottorin säilymisen ehjänä.

Manuaalisesti laihennettaessa piikin laihemmalla puolella toimiminen on mahdollista vain yli 250 hevosvoiman ja ruiskutusjärjestelmällä varustetuilla moottoreilla. Heikkotehoisemmissa moottoreissa polttoaineen virtaus on nimittäin liian pieni tarkan laihtamisen aikaansaamiseksi. Kaasutinmoottoria ei voida koskaan käyttää piikin laihemmalla puolella polttoaineen ja ilman huonon sekoittumisen ja siitä johtuvan epäluotettavan EGT-arvon vuoksi.



TEKSTI: REINO RAITAKARI

PIIRROKSET: HANNU KULTALAHTI

● EGT mittarin asiallinen käyttö on menestyksekkään seoksen laihentamisen avain.

Näin opetti Finnairin Ilmailuopiston Kuopiossa toimiva lennonopettaja Reino Raitakari laihennusartikkelinsa ensimmäisessä osassa Ilmailun viime numerossa. Nyt hän neuvoo laihentamisen lisäksi kuinka EGT-mittaria voi käyttää johtolankana häiriötapauksissa.

MONITOIMIMINEN EGT-MITTARI

Laihentamisen taloudellisuus 1000 lentotunnin aikana

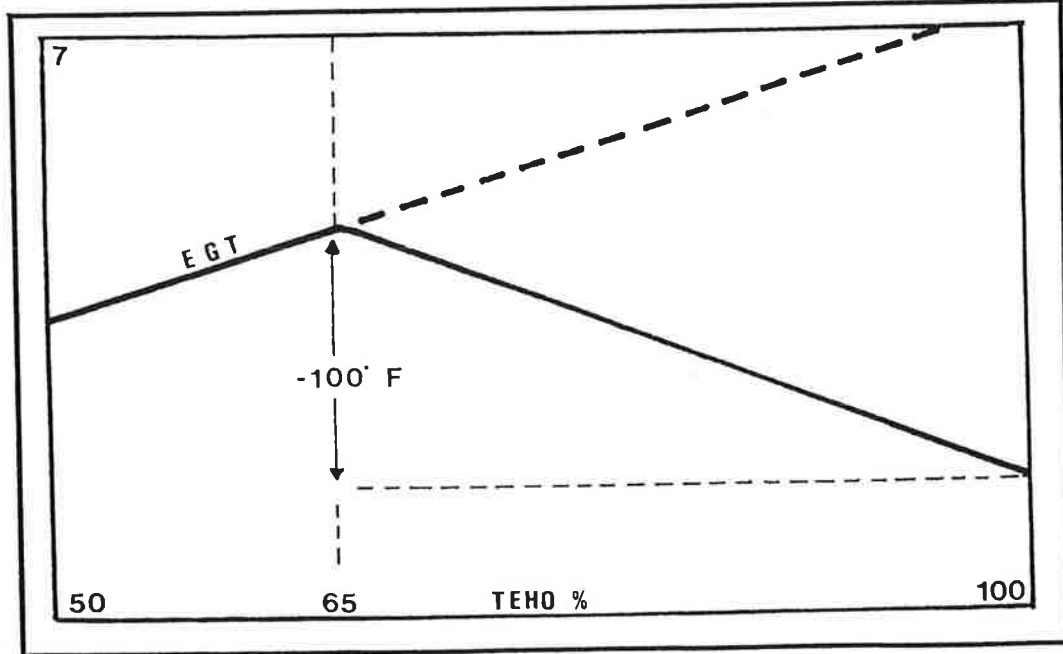
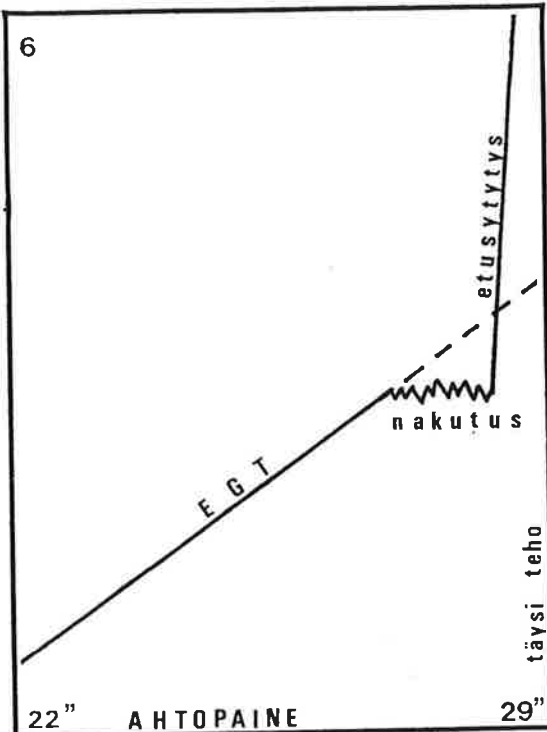
Laihentamisen taloudelliset vaikutuksen on esitetty kaaviossa. Ylemmällä rivillä on polttoaineen kokonaiskustannus 1.000 lentotunnin aikana ja alemmalla ylimääräisen polttoaineen kustannus.

Taulukko on tehty koelentojen perusteella. Lennot on suoritettu yksimootorisella lentokoneella, joka on varustettu 0-470 moottorilla. Lentokorkeutena on ollut 10.000 jalkaa, ja tehoasetus on ollut 65%. Huomaa, että peräti \$ 1.540 on kulunut ylimääräiseen polttoaineeseen, mikäli on käytetty parhaan tehon antavaa seossuhdetta EGT:n piikkiin asemasta.

Polttoaineen hintana on tässä

6) Liian suuri teho laihentamisen yhteydessä johtaa helposti ns. etusytytykseen ja moottorin vaurioitumiseen.

7) Näin EGT muuttuu kun seosta rikastetaan yli 65% tehoasetuksella pakoventtiilin lämpötilan pitämiseksi sallitussa arvossa.



sä laskelmassa pidetty 70c/gallona, mutta mikäli bensiini maksaisi 1\$ gallonalta, ylimääräisen polttoaineen muodostama kustannus olisi jo 2.200 \$. Jos lentokoneena olisi esimerkiksi BE 55 Baron, joka on varustettu kuvattun kaltaisilla moottoreilla, ylimääräisen polttoaineen hinta olisi jo 4.400 \$!

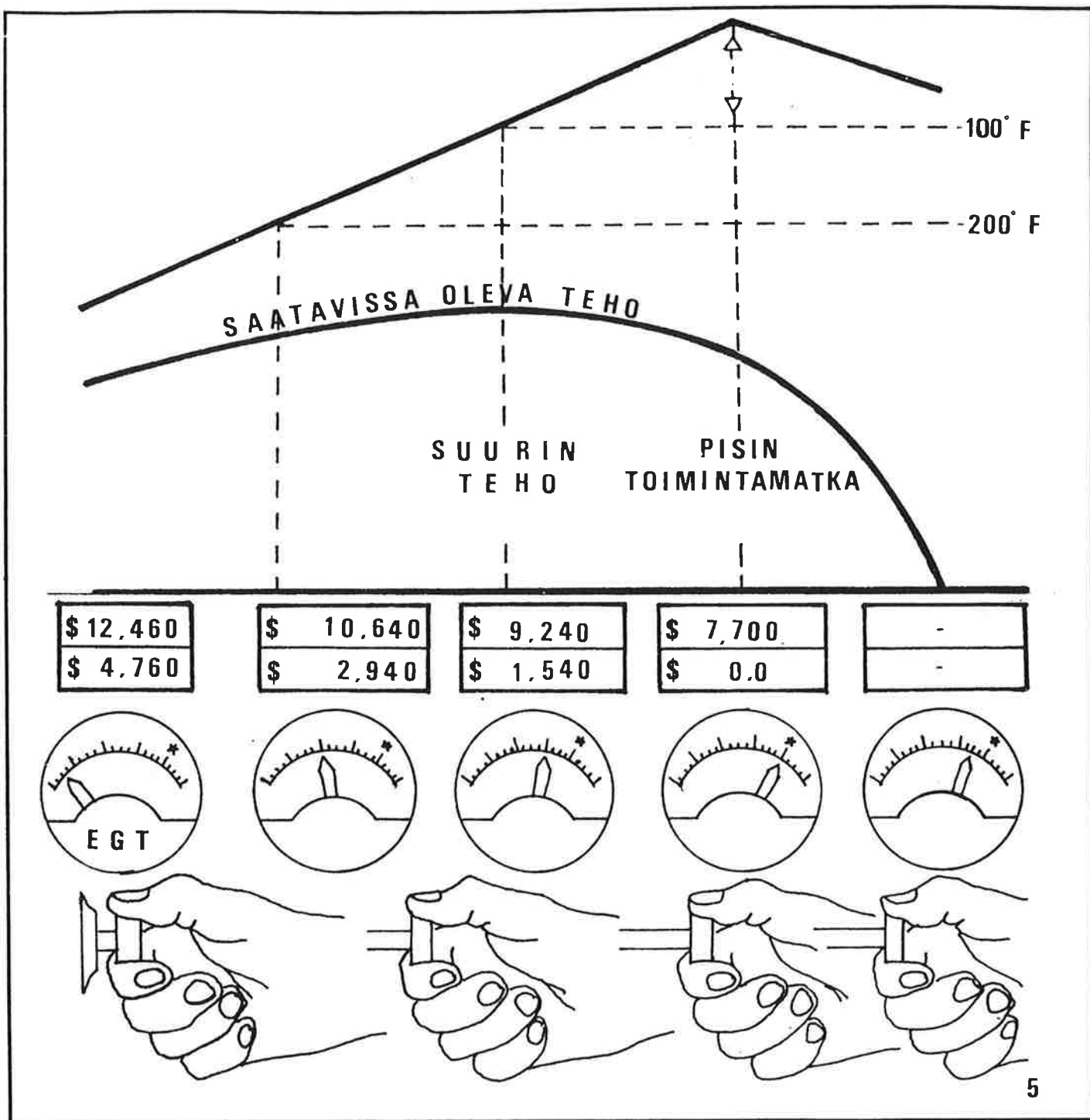
Älä koskaan käytä liian suurta tehoa laihentaessasi

Otamme esimerkiksi normaalin ahtamattoman lentomootorin, jonka lentoonlhtöpaine on 29.0 tuumaa. Kuvittelemme, että EGT:n arvo säilytetään koko ajan piikissä lisättäessä tehoa normaalista matkatehoasetuksesta (22.0 tuumaa) täyteen tehoon (29.0 tuumaa).

Tästä seuraa, että pakoventtiilin ja/tai sytytystulpan ylikuumentuminen aiheuttaa etusytytystä, joka aluksi ilmenee nakutuksena. Tämänlaatuinen etusytytyys on erittäin tuhoisa ja se voi aiheuttaa moottorin vaurioitumisen muutamassa sekunnissa.

Kuvassa 6 on esitetty tämänlaatuisen häiriön esiintyminen EGT:n avulla. Seurausena liian suuresta tehosta laihennuksen yhteydessä on mitä todennäköisimmin sulanut mäntä.

Ylimääräistä polttoainetta tarvitaan jäähdyttämään moottoria suurilla tehoasetuksilla, jotta suurimpia sallittuja lämpötiloja ei missään tapauksessa ylitettäisi. Pakoventtiili on yleensä kriittisin moottorin osa ylikuumentumiselle. Kun seosta rikastetaan yli 65% te-



hoasetuksella pakoventtiilin lämpötilan pitämiseksi sallitussa arvossa EGT:n käyrä muodostuu kuvan 7 mukaisesti. Kuten siitä huomataan EGT:n tulee olla 100%:n teholla 100°F kylmempi, jotta pakoventtiilin lämpötila olisi sama kuin 65% teholla seoksen ollessa piikkiin laihennettu.

Muista! Älä koskaan laihenna EGT:n piikkiin tehon ollessa yli matkalentotehoasetuksen.

EGT:n arvon tulee aina olla vihreällä näyttöalueella

Näyttölaitteen asteikko on esi-

tetty kuvassa 8. Siihen tehtyjen merkintöjen tarkoituksena on auttaa ohjaajaa muistamaan kaikki edellä mainitut arvot ja lukemat. Tähdellä merkitty kohta on 65% tehoasetuksen EGT:n piikki. Ohjaajan tulee muistaa pitää osoitin aina vihreällä näyttöalueella kaikissa lentotiloissa; lentoonlähdössä, nousussa, vaakalennossa ja laskeutumisessa.

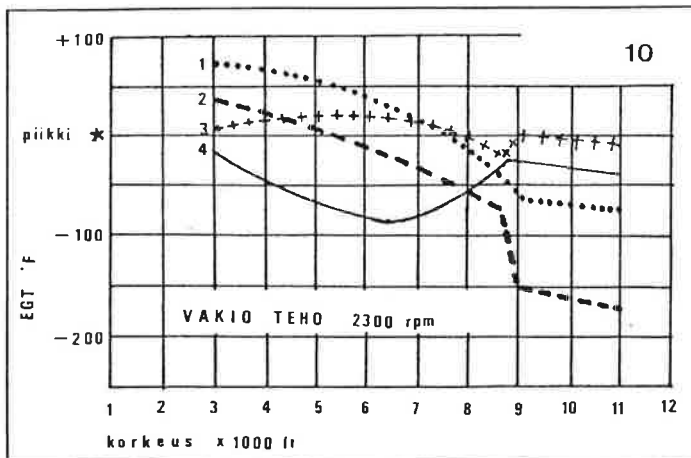
Mikäli näyttölaitteeseen ei ole merkitty vihreää aluetta, on syytä pitää mielessä nämä merkinnät ja muistaa, että tähdellä merkitty kohta on EGT:n piikki muuttumattomissa matkalento-olosuhteissa



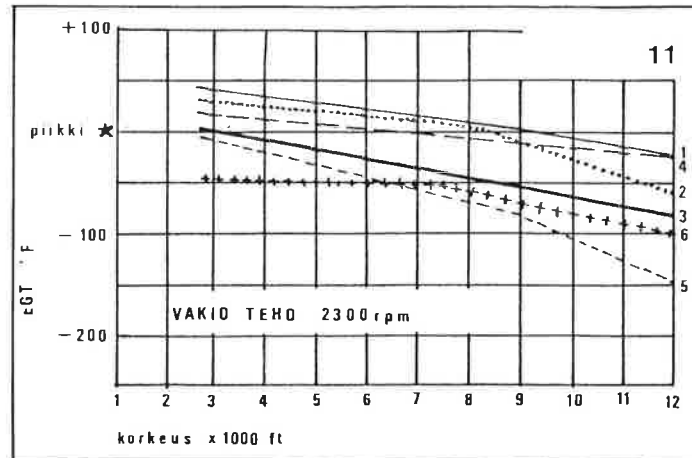
FIG. (8)

5) Tämä kaavio osoittaa kuinka mittaviin polttoainekulujen säästöihin on mahdollisuus päästä laihentamalla oikein EGT-mittarin mukaan.

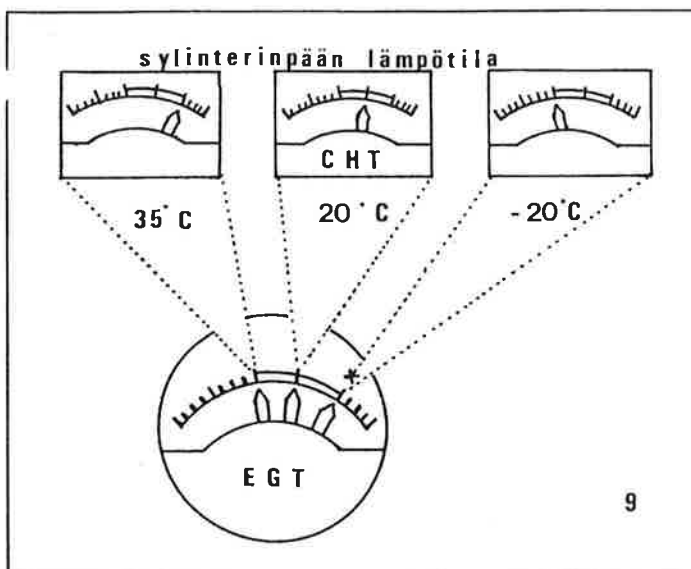
8) EGT-mittarin asteikko.



10) EGT-arvojen muuttuminen kuvaa polttoaineen jakautumista eri sylintereihin. Tämä käyrästä esittää tilannetta kaasutinmoottorissa.



11) Ruiskutusmoottorissa polttoaine jakautuu eri sylintereihin tasaisemmin kuin kaasutinmoottorissa, mutta täysin tasainen ei jakautuma ole siinäkään.



9) Kylmällä säällä voidaan käyttää tavallista korkeampaa EGT-arvoa koska ylimääräistä polttoainetta ei tarvita jäähdyttämiseen.

MONITOIMINEN EGT-MITTARI

• • •

LENTOTURVALLISUUTTA



sellaisella korkeudella, jolla täyden kaasun asento vastaa 65% tehoa. EGT:n piikki esiintyy tämän merkin ylä- tai alapuolella riippuen mittarin kalibroinnista.

Kuvassa oleva merkki "G" on normaali EGT:n arvo koekäytössä, sanokaamme 1700 kierroksella. "G" kohta voidaan tarkistaa merenpinnan tasolla seoksen ollessa täysin rikkaalla ja sitä voidaan käyttää hyväksi laihentamiseen korkealla sijaitsevilla kentillä.

Miksi sitten mittaria ei varusteta erityisillä merkeillä oikean seoksen löytämiseksi lentoonlähtöön ja nousuun? Syy tähän on se, että edellä mainittu merkki olisi pätevä vain tietyssä ulkoilman lämpötilassa. Lentoonlähdon ja nousun aikana tulee sylinteripään lämpötilaa säädellä seoksen avulla ja esimerkiksi erittäin kuumana päivänä tulee seoksen olla normaalia rikkaampi, jotta CHT-arvo pysyisi sallitussa. Toisaalta, kylmänä päivänä EGT:n arvo voi olla tavallista korkeampi, koska ylimääräistä polttoainetta ei tarvita jäähdyttämiseen. Tämä on esitetty kuvassa 9.

Matkalennolla käytettäessä kuvan 8 mukaista mittaria, on muistettava laihentaa EGT:n piikkiin parhaan taloudellisuuden saavuttamiseksi. Mikäli piikki kuitenkin löytyy vasta keltaiselta alueelta, on seosta rikastettava niin paljon, että osoitin palaa vihreälle näyttöalueelle.

Laihin sylinteri

Seoksen muodostumisen vaikeudesta johtuen ei ole ole-

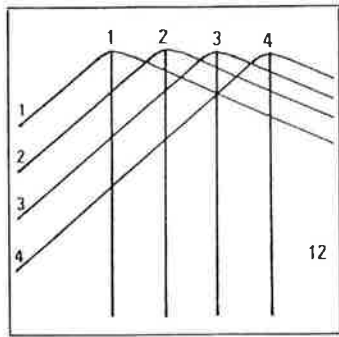
massa "laihin sylinteri"- käsitettä, joka kattaisi kaikki lento-olosuhteet. Seoksen muodostumisella tarkoitetaan tasaisuutta, jolla polttoaine ja moottorille menevä ilma sekoittuvat toisiinsa, tapahtuipa tämä sekoittuminen sitten kaasuttimessa tai ruiskutusmoottorin imukanavistossa.

Täydellinen seoksen jakautuminen on silloin kun jokainen sylinteri saa yhtä paljon samansuhteista seosta. Olemme tähän mennessä käsitelleet laihentamista tämän mallin mukaan, mutta käytännössä tasainen jakautuminen ei ole mahdollista.

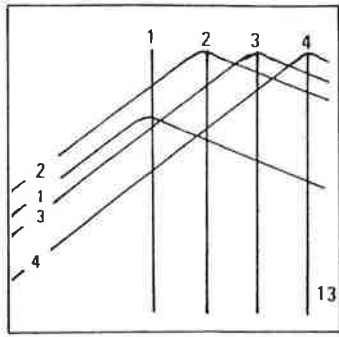
Laihinta sylinteriä, joka saa vähiten polttoainetta, tulee käyttää laihentamisen lähtökohtana ja vertailusylinterinä. Moottorin valmistaja pystyy osoittamaan tämän sylinterin ja sen pakoputkeen tulee EGT:n anturi sijoittaa. Ylimääräinen polttoaine lisää turvallisuutta, joten voidaan sanoa, että sylinterillä, joka käy laihimmalla seoksella, on pienin turvallisuusmarginaali.

Polttoaineen jakautumisen merkitys on tärkeä, sillä ei ole olemassa käsitettä "laihin sylinteri" kaikissa olosuhteissa. Tämä on esitetty kuvissa 10 ja 11, jotka esittävät muutamia malleja polttoaineen jakautumisesta eri sylinterien kesken. Vaikka moottori yleisesti ottaen edustaisikin lähes täydellistä jakautumistasoa, saattaa joku sylintereistä nopeasti saada liian vähän polttoainetta pienenkin virhetoiminnan tai häiriön tapahtuessa.

Kuva 10 esittää tyypillistä kaasutinmoottoria. Laihin sylinteri on laihennettu piikkiin



12) Laihimman sylinterin EGT:n arvo on suurin seoksen ollessa rikkaalla eli suurimmalla polttoaineen virtauksen arvolla...



13)... mutta ei aina. Tässä tilanteessa kaikkien sylinterien piikki on sama kuin edellisessä kuvassa mutta laihimman sylinterin EGT-arvo ei enää ylläkään samaan.

kaikissa korkeuksissa sen jälkeen kun teho on alle 65%. 9.000 jalassa kaasun on täysin auki ja nyt teho laskee korkeuden lisääntyessä. Sylinteri 1 oli osan aikaa laihiin, mutta täydellä kaasulla on sylinteri 3 laihiin. Samalla on syytä huomioda, että polttoaineen jakautuminen on tasaisinta juri ennen täyden kaasun asentoa.

Kuva 11 esittää ruiskutusmoottorin jakautumiskaaviota. Yleisesti vallalla oleva käsitys on se, että ruiskutusjärjestelmällä varustetussa moottorissa polttoaineen jakautuminen on täydellistä, tai ainakin aika lähellä sitä. Tämä oletamus ei ole oikea, sillä mikä tahansa sylintereistä voi tulla yllättäen laihiemmaksi rajoittuneen polttoaineen virtauksen vuoksi, kuten esimerkiksi silloin kun polttoainesuutin tukkeutuu.

Kuinka sitten voi olla varma siitä, että mitattava sylinteri on laihiin?

Kuvassa 12 on esitetty nelisylinterinen moottori, jossa kaikki sylinterit ovat samankuntoisia ja saavat täsmälleen yhtä paljon samanlaista seosta. Palamisessa sylinterit saavuttavat tietenkin saman EGT:n arvon. Laihimalla sylinterillä on suurin EGT:n arvo seoksen ollessa rikkaalla eli suurimmalla polttoaineen virtauksen arvolla.

Näin ei kuitenkaan ole aina, kuten kuva 13 osoittaa. Siinä kaikkien sylinterien piikki on sama kuin kuvassa 12 mutta laihiin sylinteri ei enää ylläkään samaan EGT:n arvoon.

Kun on epäiltävissä, että mitattavana oleva sylinteri ei olisikaan laihiin, tulee toimia seuraavasti: laihennetaan mitattavana oleva sylinteri EGT:n piikkiin, käännetään valintakytkin sylinterille, jota epäillään laihiemmaksi ja rikas-

tetaan seosta niin paljon, että EGT:n osoitin liikkuu. Mikäli EGT:n arvo kasvaa, on mitattavana oleva sylinteri laihiempi kuin äskeinen ja sen seos oli jo piikin laihemmalla puolella.

Kuinka laihiin sylinteri löydetään kaikissa olosuhteissa?

Eräs keino estää laihimman sylinterin toimiminen liian laihalla seoksella on rikastaa seosta niin paljon, että se tasaa polttoaineen jakautumisen syntyneet eroavaisuudet. Rikastamisen tulisi näkyä EGT:n arvon laskemisena noin 50°F.

Rikastamisen määrä on riippuvainen siitä, onko EGT:n anturi sijoitettu "laihimman sylinterin" pakoputkeen, vai useiden sylinterien kokoojapakoputkeen. Continentalin huolto-ohje sanoo, että mikäli anturi on sijoitettu jälkimmäisen vaihtoehdon mukaan, ei seosta saa koskaan laihentaa piikkiin, koska ei pystytä takaamaan, että jokainen sylinteri saisi riittävästi polttoainetta.

Seoksen rikastamisesta tästä syystä on kuitenkin ilmeisiä haittoja. Kuten aiemmin totesimme, EGT:n arvon laskeminen 100°F lisäsi ylimääräisen polttoaineen määrää ja sen myötä myös kustannuksia. Koska edellä mainittu syy vaatisi ainoastaan 50°F EGT:n arvon laskun, kustannukset tulivat olemaan n. 770 \$. Tämän lisäksi "ylirikkaat" sylinterit ovat taipuvaisia muihin palotilan haittoihin, sytytysulppien tukkeutumiin, venttiilitoiminnan häiriöihin jne.

Ehdottomasti paras tapa löytää laihiin sylinteri kaikissa olosuhteissa ja vaikka se kesken lennon muuttuisikin, on käyttää palamisanalysointia.

EGT-MITTARI VIKOJEN ILMAISIJANA

oire	todennäköinen syy	suositeltava toimenpide
75-100°F lämpötilan nousu yhdessä sylinterissä	(1) toinen sytytysulppista ei sytytä tukkeutumisen, liikeyntymisen tai viallisen tulpan vuoksi (2) rikkaalla seoksella toimitaessa, kuten lentoonlähdössä ja nousussa tämä voi johtua myös vuotavasta imusarjan putkista	(1a) kytke toinen magneetto pois päältä. Kun viallisen tulpan magneetto on kytkettyä EGT:n arvo putoaa nopeasti mutta-asteikon pohjaan osoittain viallisen tulpan (1b) vaihda ko. tulppa (2a) palauta seos rikkaalle laskeaksesi korkean EGT:n arvon normaaliksi (2b) tarkasta imusarjan tiiveys
75-100°F EGT-arvon nousu kaikissa sylintereissä (erillinen anturi asennettu jokaiseen sylinteriin)	toinen magneetto ei toimi	(1) palauta seos rikkaalle EGT-arvon normalisoimiseksi (2) korjauta tai vaihda magneetto
EGT-arvon nousu tai lasku etukin sytytyslaitteiden huollon tai korjauksen jälkeen	virheellinen sytytyksen ajoitus - EGT nousee, sytytys on myöhässä - EGT laskee, sytytys on aikaisella	(1) tarkasta EGT:n nousu kummallakin magneetilla löytääksesi viallisen ajoituksen (2) ajoita magneetit uudelleen
äkillinen EGT:n piikin putoaminen	sytytyshäiriö ja ruiskutusjärjestelmässä myös mahdollinen polttoaineen höyrystyminen putkistossa	(1) tarkasta sytytys
EGT:n laskeminen kaikissa sylintereissä seossäätöä muuttamatta	kaasutinmoottorit: kaasuttimen mahdollinen jäätyminen kaikki moottorit ilman virtausmoottorille estynyt kuten esim. imukanaviston jäätyessä	tarkasta mahdollinen ahiopaineen, kierrosluvun (kiinotop-kuri) ja ilmanopeuden muutos
EGT:n laskeminen yhdessä sylinterissä	(1) imuventtiili ei aukea täysin (2) naarmuinen sylinteri tai katkenneita männänrenkaita aiheuttaen liian pienen puristuspaineen (voi aiheuttaa myös EGT:n nousua johtuen öljykarstan tukkeamasta tulppasta)	(1) tarkasta venttiilin ohjain (2) kytke toinen magneetto pois viallisen tulpan paikallistamiseksi (3) suorita vuotomittaus
hidas EGT:n nousu yhdessä sylinterissä	palanut pakiventtiili	(1) suorita vuotomittaus (2) suorita sylinterin sisäpuolinen tarkastus
piikin laskeminen yhdistyneenä epämääräiseen huippuvuon määrittämiseen ja sylinterin lämpötilan nousuun	nakutus	palauta seos rikkaalle, vähennä tehoa ja laihenna uudelleen varovaisesti. Jos oireet uusuutuvat, käytä rikkaalla seoksella ja ilmoita huoltoon
äkillinen sylinterin lämpötilan nousu maksimiin ja EGT:n laskeminen	etusytytys	lentoalähdössä: keskeytä jos mahdollista, jos ei, vähennä tehoa pienempien EGT- ja sylinterin lämpötila-arvojen saamiseksi. lennolla: vähennä tehoa välittömästi, säädä seos täysin rikkaalle, lisää tehoa hitaasti matkalentotohoon asti kunnes EGT:n arvo palautuu normaaliksi. Mikäli tämä ei auta, toimi sellaisella teho- ja seosasetuksella joka estää etusytytyksen
EGT:n laskeminen	mikäli mikään edellä mainituista syistä ei ole ilmeinen, on epäiltävä anturin liian alhaista näyttöä tai huonoa liitosta	suorita järjestelmän kalibrointi tai vaihda antureiden järjestystä löytääksesi alhaisen lukeman antavan anturin tai sylinterin
EGT:n nouseminen	mahdollinen moottorihäiriö, sillä kaikki anturin toimintahäiriöt, liikeyntymisen tai mittavirheet aiheuttavat EGT arvon laskemisen	tarkasta kaikkien moottorinvalvontalaitteiden lukemat, merkitse ne muistiin ja ilmoita huololle

Se on EGT-järjestelmä, jossa jokaiseen sylinteriin on asennettu itsenäinen anturi ja näyttölaitteessa olevaa valintavipua kääntämällä saadaan nopeasti minkä tahansa sylinterin palamistapahtumasta välitön näyttö.

EGT vikojen ilmaisijana

Olettaen, että EGT järjestel-

mä on oikein asennettu ja että se toimii virheettömästi sen käyttäjä voi saada vihjeen moottorin toimintahäiriöistä ennen kuin ne muuten ilmenevät tai aiheuttavat vakavampia seuraamuksia. Toisaalta ohjaajan ei koskaan tule luottaa ainoastaan yhteen mittariin, vaan hänen tulee saada muista näyttölaitteista varmistus olettamukselleen toimintahäiriöstä.

ILMAILUHALITUS

NATIONAL BOARD OF AVIATION

PL 179

00531 HELSINKI 53

FINLAND

Puh. 76 58 11 Telephone

Sähkeos. CIVILAIR Telegrams

TELEX 12-1247

ILMAILUHALITUKSEN TIEDOTUKSIA
INFORMATION FROM THE NATIONAL BOARD OF AVIATION**ILMAILUTIEDOTUS**
ADVISORY CIRCULAR**AIR**
T 8-5

1976-10-18



A I R

T 8-5

Lentokoneen mäntämoottorin polttoaineseoksen laihennus

Viite: Lycoming SL No. L185 ja American Aviation Corporation SL No. 75-9.

1. Yleistä

Eri valmistajatehtaat ovat viime aikoina julkaisseet ohjeita moottorin käytöstä, joissa yleisesti painotetaan moottorin käyttämistä tarkasti valmistajan ohjeiden mukaan.

Polttoaineseoksen oikea laihennus vähentää moottorin kars-
toittumista ja lyijyyntymistä, säästää polttoainetta ja
huoltokustannuksia. Mutta väärä laihennus aina johtaa
moottorin rikkoutumiseen enemmän tai myöhemmin.

2. Yleisiä laihennusohjeita

2.1. Käytä aina täysin rikasta seosta lentoonlähdön ja nousun aikana sekä muuten suurilla tehoilla lennettäessä, paitsi jos lentokoneen lentokäsikirja toisin neuvo. Lähdetessä korkealla sijaitsevilta lentokentiltä tai jatkettaessa nousua hyvin korkealle saattaa ilmetä karkeata käyntiä tai tehon pudotusta, mikäli käytetään täysin rikasta seosta. Sellaisissa tapauksissa säädetään seossuhdetta juuri sen verran laihemmaksi, että käynti tasottuu. Moottorin lämpötiloihin on tällöin kiinnitettävä erityistä huomiota.

2.2. Käytä moottoria maksimitehon seossuhteella, lentäessäsi suurimmalla sallitulla jatkuvalla teholla (nopea matkalento) sekä taloudellisimmalla seossuhteella, lentäessäsi taloudellimmalla matkalentoteholla, paitsi jos lentokoneen lentokäsikirjassa on neuvottu toisin.

2.3. Palauta seossuhde aina täysin rikkaalle ennenkuin lisäät tehoa.

2.4. Korkeuden vähentämisen aikana tai pienennettäessä lennolla tehoa voi olla tarpeellista laihentaa seosta tai jättää seos matkalentoasentoon, jos seosta on laihennettu aikaisemmin: Laskun aikana säädetään seos täysin rikkaalle, jos ei laskeuduta korkealla sijaitsevalle kentälle, jolloin seoksen pitäminen laihennettuna voi olla tarpeellista.

3. Laihennusmenetelmiä

3.1. Pyörimisnopeus-/nopeusmittarimenetelmä

3.1.1. Nopea matkalento

Pyörimisnopeusmittaria ja/tai nopeusmittaria voidaan käyttää määritettäessä likimääräisesti maksimitehon tai taloudellisimman lennon tehon seossuhdetta.

Kun kyseessä on kiinteäalapainen potkuri, voidaan käyttää kumpaa mittaria tahansa. Kun lentokoneessa on säätöpotkuri, käytetään nopeusmittaria.

Potkurityypistä riippumatta aseta hallintalaitteet halutulle matkalentoteholle lentokäsikirjan mukaisesti. Laihenna asteettain seosta täysin rikkaalta kunnes pyörimisnopeus- tai nopeusmittari saavuttaa huippulukeman. Huippukohdassa moottori antaa maksimitehon.

3.1.2. Laihennus matkalennolla pyrittäessä taloudellisimpaan lentoon

Taloudellisimpaan lentoon pyrittäessä laihenna ensin seosta täysin rikkaalta maksimitehon seossuhteeseen ja jatka laihennusta hitaasti kunnes moottorin käynti tulee karkeaksi tai teho pienenee nopeasti, jonka huomaa pyörimisnopeuden pienenemisestä. Kun jompikumpi edelläolevista tunnusmerkeistä ilmenee, säädä seosta rikkaammaksi kunnes moottori käy tasaisesti tai suurin osa menetetyistä nopeudesta tai moottorin pyörimisnopeudesta on saatu takaisin. Moottorin tehon ja ilmanopeuden tulee olla jonkin verran maksimiarvoja pienempiä, kun pyritään taloudellisimpaan seossuhteeseen.

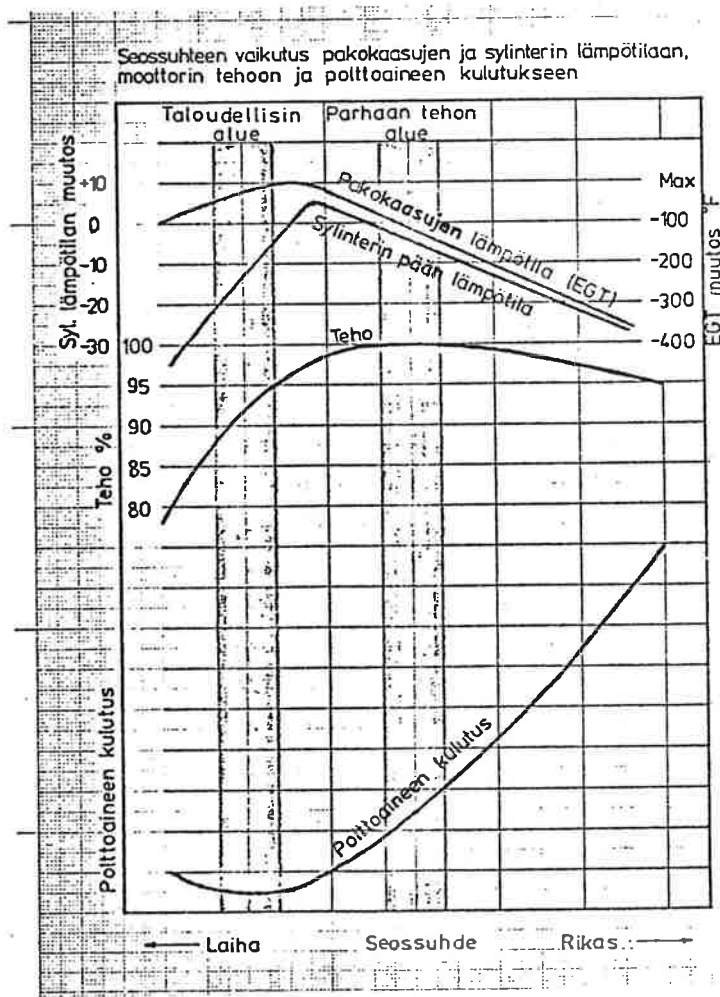
3.2. Polttoaineen virtausmittarimenetelmä

Polttoaineen virtausmittarilla varustetun lentokoneen lentokäsikirjassa on likimääräisiä virtaus/tehtaulukoita tai virtausmittariin on merkitty oikea virtaus kullekin tehoasetukselle. Ohjaajan tulee vain laihentaa seosta, kunnes virtaus pienenee annettuun arvoon.

3.3. Pakokaasujen lämpötilan mittaus (EGT) menetelmä

Oheisesta käyrästöstä nähdään, että EGT-käyrän huippu on aivan taloudellisimman seossuhdealueen rikkaassa reunassa. Edelleen käyrästöstä nähdään, että käytettäessä moottoria EGT-käyrän huippuarvolla saavutetaan pienimmän mahdollisen kulutuksen ohella 95-96 prosenttia moottorin maksimitehosta ko. pyörimisnopeudella ja ahtopaineella.

Moottorin käynti on tasainen käytettäessä seossuhdetta, joka antaa pakokaasuille maksimilämpötilan. Karkeata käyntiä saattaa ilmetä ja ainakin teho putoaa huomattavasti, jos käytetään taloudellisimman seosalueen laihinta seossuhdetta. EGT-käyrän huippualueutta kannattaa siten käyttää aina kun lentokoneen lentokäsikirja tai moottorikäsikirja sen sallii.



Pakokaasun (EGT) lämpötila-anturi tulee asentaa sellaisen sylinterin pakoputkeen, joka saa laihimman seoksen. Anturin paikka on noin 5-10 cm sylinterin pakoputken kiinnityslaipasta. Laihimman seoksen sylinteri määrätään, normaalilla imukanavistolla varustetuissa moottoreissa, moottorin käydessä täydellä kaasulla. Polttoaineruiskutusjärjestelmällä varustetuissa moottoreissa EGT-anturin saa asentaa mihinkä pakoputkeen tahansa, mieluiten kuitenkin sen sylinterin pakoputkeen, jossa on sylinterinpään lämpötila-anturi.

Toimistopäällikkö



Jorma Jalkanen

Tämä ilmailutiedotus kumoaa teknillisen tiedotuksen TM2/65-2.

PH/uj