Engine Trend Monitoring (ETM)

TUTOR

As of 4th Nov. 2020

1. Which of the following is the benefit of Engine Trend Monitoring (ETM) ?

a. Enhanced safety and cost reduction.

b. Extension of engine utilization.

c. Increase aircraft availability.

d. All of the above a, b and c are correct.

10

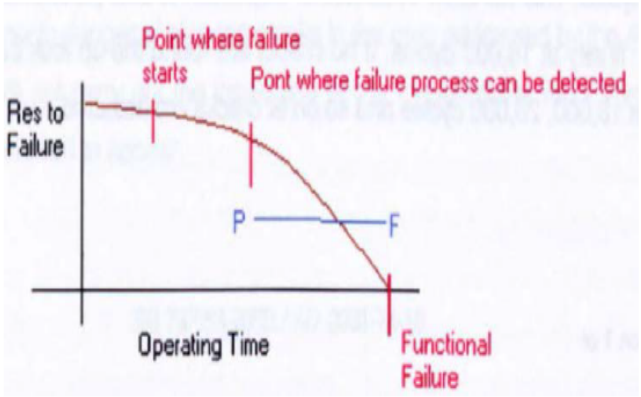
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำ Engine Trend Monitoring (ETM)

1. ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ย. (Cost Reduction) การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) จะทำให้สามารถตรวจพบข้อบกพร่องของ ย.เสียแต่เนิ่น ๆ และทำการแก้ไขปัญหาเสียก่อนที่ ย.จะมีการชำรุดเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งต้องถอด ย.ลงส่งซ่อมในระดับการซ่อมที่สูงขึ้น (Higher Level Engine Shop Visit) ซึ่งสิ้นเปลืองทั้งค่าใช้จ่ายและเสียเวลาในการซ่อมแบบนอกแผนกำหนด (Unscheduled Engine Maintenance) ในระยะยาวค่าใช้จ่ายตลอดอายุใช้งาน (Life Cycle Cost - LCC) จะลดลง เพราะสามารถลดค่าซ่อมบำรุง ย. (Maintenance Cost) และประหยัดเชื้อเพลิง (Fuel Saving) นอกจากนี้การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) ที่มีประสิทธิภาพ จะทำให้สามารถปรับปรุงการปรับแต่งสมรรถนะ ย.ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้นานขึ้น ทำให้ใช้งาน ย. On-Wing ได้นานขึ้น รวมถึงสามารถลดจำนวน ย.อะไหล่ที่ต้องจัดหา/สะสมลงได้
2. เพิ่มความปลอดภัยในการบิน (Enhanced Safety) ลดความเสี่ยงที่จะเกิด in-flight shut down เพราะการทำ Engine Trend Monitoring (ETM) เป็นการซ่อมบำรุงเชิงรุก (proactive maintenance) หรือบางครั้งอาจเรียกได้ว่าเป็นการซ่อมบำรุงเชิงพยากรณ์ (predictive / diagnostic / prognostic maintenance) เพื่อตรวจหาสิ่งผิดปกติและดำเนินการแก้ไขเสียก่อนที่จะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการบิน

11

3. ใช้ในการยืดอายุใช้งาน ย. (Extension Requirement) การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) สามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการพิจารณายืดอายุใช้งานของ ย. เช่น อายุการตรวจ Hot Section หรืออายุซ่อมใหญ่ (TBO - Time Between Overhaul) หรือนำไปสู่การซ่อมบำรุง ย.แบบ Condition Monitoring) โดยไม่กำหนด TBO เป็นต้น
4. เพิ่มความพร้อมปฏิบัติการให้อากาศยาน (Increasing Aircraft Availability) เพราะสามารถลดการซ่อมบำรุง ย.แบบนอกแผนกำหนด (Unscheduled Engine Change) ที่ต้องถอด ย.ลงส่งซ่อม Shop Visit เนื่องจาก ย.เกิดการชำรุดมากจนถึงขั้นต้องถอดเปลี่ยน ย.ใหม่ รวมทั้งลดเวลาที่ต้องใช้ในการตรวจแก้ไขข้อขัดข้องที่เกิดขึ้นกับ ย. (Troubleshooting Ground Time)

2. Regarding Engine Trend Monitoring (ETM) objective concept, which of the following statement is true ?

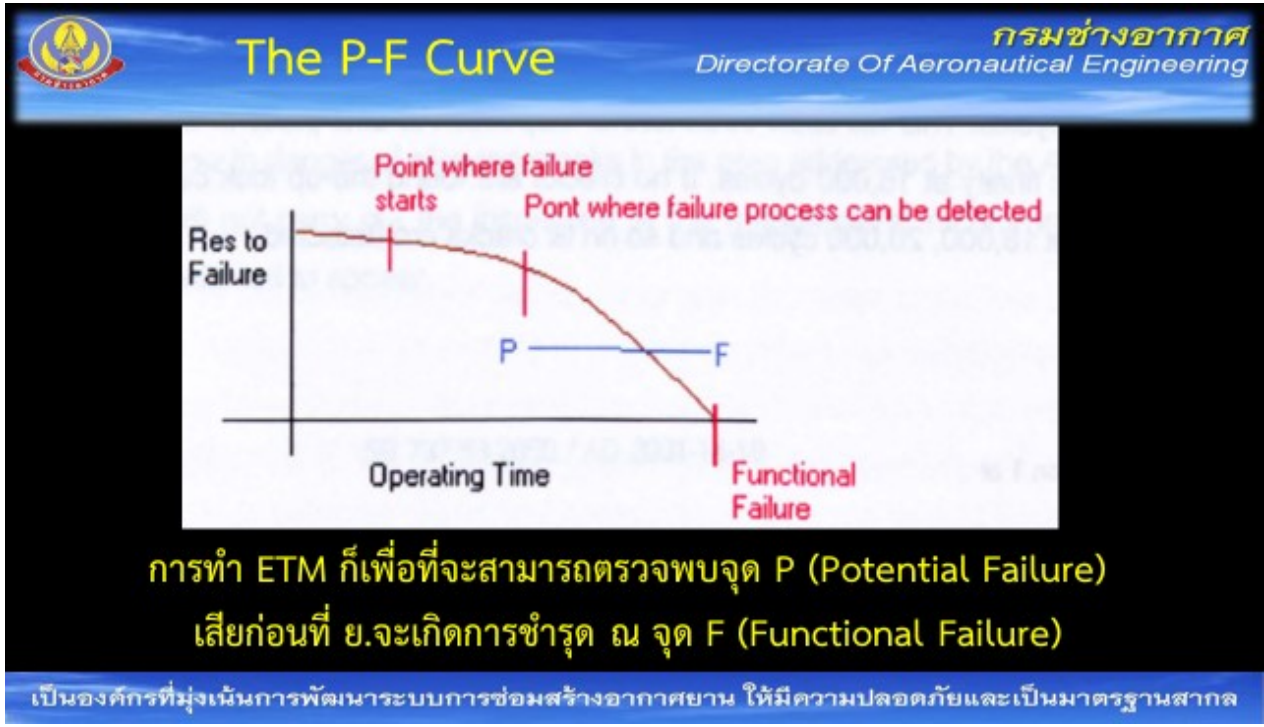


a. To find point where failure starts and rectify the defect.

b. To find “P” point where failure process can be detected and rectify the defect before reaching point "F" functional failure.

c. To continue using engine and send the engine to overhaul before reaching point “F”.

d. To use engine as OC (On-Condition) until reaching point “F”.



3. Regarding gas turbine engine trend line (trend graph), which of the following statement is correct ?

a. Trend line or trend graph is plotted by using engine raw parameters recorded during flights and change raw parameters to corrected parameters at standard day (ISA).

b. Trend line or trend graph is plotted by using engine raw parameters recorded during flights.

c. Trend line or trend graph is plotted by using flight conditions recorded during flights.

d. Trend line or trend graph is plotted by using dimensional analysis.

ขั้นตอนหลักในการทำ Engine Trend Monitoring (ETM) การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) ที่จะได้ผลสำเร็จนั้น จะต้องประกอบด้วยขั้นตอนหลักจำนวน 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ข้อมูลที่บันทึกจะต้องมีค่าถูกต้องและบันทึกอย่างสม่ำเสมอในระหว่างทำการบิน การเก็บข้อมูลนั้นอาจใช้วิธีจดบันทึกไว้ด้วยมือ หรืออาจใช้ระบบบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติก็ได้
2. การสร้างกราฟสมรรถนะของ ย. (Performance Plotting) คือการนำ “ข้อมูลที่บันทึกไว้ (Raw Parameters)” มาปรับเข้าสู่สภาวะวันมาตรฐาน (Standard Day) ที่เรียกว่า “ข้อมูลหลังปรับเข้าสู่วันมาตรฐานแล้ว (Corrected Data)” ก่อนจะนำมา Plot กราฟ
3. การวิเคราะห์ (Analysis) การแปลความหมายของกราฟที่ได้อย่างถูกต้องและทันเวลา มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) ประสบความสำเร็จ หลังจากการวิเคราะห์แล้วหากพบว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับ ย. ก็จะต้องทำการตรวจสอบเพื่อหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขต่อไปอย่างเหมาะสม

4. What are the three basic dimensions in dimension analysis ?

a. Mass (M), Weight (W), Time (T)

b. Mass (M), Speed (V), Time (T)

c. Mass (M), Length (L), Time (T)

d. Mass (M), Acceleration (A), Time (T)

ในการคิดปัญหาของทฤษฎีมิติวิเคราะห์นั้น เลขชี้กำลัง (exponents) จะได้มาจากการแทนค่าตัวแปรด้วยมิติพื้นฐานซึ่งได้แก่ มวล Mass M, ความยาว Length L และเวลา Time T ซึ่งเราจะเขียนค่าของ π_1 ได้คือ

$$[\pi_1] = [M^{a1} L^{b1} T^{c1}]^{\alpha 1} [M^{a2} L^{b2} T^{c2}]^{\alpha 2} [M^{a3} L^{b3} T^{c3}]^{\alpha 3} [M^{a4} L^{b4} T^{c4}]$$

โดยที่ a_i, b_i, c_i คือจำนวนที่เราทราบค่า ตัวอย่างเช่น

$$[\text{Velocity (ft. / sec)}] = [M^0 L^1 T^{-1}]$$

ตัวแปรจะนำมารวมเข้าด้วยกันโดยมีมิติคือ $[M^0 L^0 T^0]$ ซึ่งเราสามารถเขียนได้ว่า

$$[\pi] = M^0 L^0 T^0 = 1$$ ทั้งนี้เนื่องจาก Pi (π) เป็นตัวแปรที่ไม่มีหน่วย (dimensionless)

5. In flight, we cannot measure thrust (Fg) of a turbojet or turbofan engine directly, regarding dimensional analysis for engine trend monitoring, which of the following statement is correct ?

a. Plot the value of EPR / δ ; δ = Pressure Ratio = Pressure at flight altitude / Pressure at Sea Level Standard (ISA).

b. Plot the value of N1 / $\sqrt{\theta}$; θ = Temperature Ratio = Temperature at flight altitude (° kelvin) / Temperature at Sea Level Standard (ISA) (° kelvin).

c. Record the value of EPR or N1 (engine fan speed) at the same Mach No.

d. All of the above a, b and c are correct.

44

สมการเหล่านี้มีความถูกต้องตามความเป็นจริง และสามารถนำไปใช้งานได้ แม้จะมีการเพิ่มหรือตัดค่า Constants ต่าง ๆ ออกไปก็ตาม เราจะเห็นได้ว่าค่าตัวแปรที่ได้จะเป็นตัวแปรมีหน่วย ซึ่งไม่เป็น dimensionless แล้วในขณะนี้ ซึ่งข้อสรุปที่สำคัญก็คือ ในสภาวะการบินใด ๆ ที่มีค่า P_{t2} / P_a เท่า ๆ กัน หรือมีค่า Mach No. เท่า ๆ กันแล้ว เราจะได้ว่า

ค่า Thrust:	F_g / δ_{t2}	= Constant
ค่า Mass Airflow:	$(W_a \sqrt{\theta_{t2}}) / \delta_{t2}$	= Constant
ค่า Fuel Flow:	$W_f / (\delta_{t2} \sqrt{\theta_{t2}})$	= Constant
ค่า EGT (° K):	T_{t5} / θ	= Constant
ค่า SHP หรือ Torque	Torque $/ (\delta_{t2} \sqrt{\theta_{t2}})$	= Constant

45

การวัด Thrust (F_g) ขณะบินในอากาศไม่สามารถทำได้ เราจึงวัด Thrust ขณะทำการบินโดยใช้ค่า EPR (Engine Pressure Ratio) ซึ่งมีค่าเท่ากับ Total Pressure at Jet Nozzle Outlet / Total Compressor Inlet Pressure หรือวัดด้วยค่า N1 (Fan Speed) หรือ Compressor Speed ดังนั้น EPR / δ_{t2} = Constant หรือ $N1 / \sqrt{\theta_{t2}}$ = Constant ซึ่งเป็น parameter ในการทำ Engine Trend Monitoring (ETM) ให้กับ ย. Turbofan และ Turbojet

6. What is the probable cause of a sudden or instantaneous engine deterioration ?

a. Dirty compressor

b. Bird strike / FOD / DOD

c. Engine stall

d. Engine flame out

การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) จะทำให้ทราบถึงการเสื่อมสภาพ (deterioration) ภายใน Gas Path ของ ย.ตามเวลาที่ผ่านไปจากการใช้งาน เช่น การเสื่อมสภาพของชุด Hot Section, การเสื่อมสภาพของ Compressor, FOD, การรั่วไหลของ Bleed Air, การชำรุดของระบบเครื่องวัด ย. เป็นต้น การเสื่อมสภาพของ ย. สามารถแบ่งออกได้ 2 ระดับคือ

1. การเสื่อมสภาพแบบทันที (Suddenly / Instantaneous Deterioration) อาจมีสาเหตุมาจาก ย. กำลังทำงานในบางย่านของ transient condition (เช่น การเกิด compressor surge, compressor stagnation หรือ compressor stall) หรือการใช้งาน ย.เกินขีดจำกัด (exceed limits หรือ abuse of operation) หรือเกิดจากการชำรุดของ ย.ที่บริเวณ air inlet (เช่น บ./ ย.ชนนก, เกิด FOD) ซึ่งการเสื่อมสภาพแบบทันทีนี้มักจะเกิดขึ้นแบบรุนแรง (severe) และระบบ Engine Trend Monitoring (ETM) ไม่สามารถแจ้งเตือนได้ล่วงหน้า เช่น การเกิด fatigue failure ของ compressor blades หรือการเกิดcreep/fatigue failure ของ turbine blades เป็นต้น
2. การเสื่อมสภาพแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradually Deterioration) ได้แก่การสึกกร่อน การขยายตัวของรอยร้าว ซึ่งการเสื่อมสภาพชนิดนี้สามารถตรวจพบได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรต่าง ๆ ในระบบ Engine Trend Monitoring (ETM) สำหรับ ย.Gas Turbine แล้ว เราไม่สามารถบอกได้ว่าอัตราการเสื่อมสภาพจะมีค่าเท่าใด โดยที่อัตราการเสื่อมสภาพจะเป็นแบบ non-linear

7. The normal engine deterioration rate is ..... ?

a. Constant

b. Linear

c. Non Linear

d. Irregular

การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) จะทำให้ทราบถึงการเสื่อมสภาพ (deterioration) ภายใน Gas Path ของ ย.ตามเวลาที่ผ่านไปจากการใช้งาน เช่น การเสื่อมสภาพของชุด Hot Section, การเสื่อมสภาพของ Compressor, FOD, การรั่วไหลของ Bleed Air, การชำรุดของระบบเครื่องวัด ย. เป็นต้น การเสื่อมสภาพของ ย. สามารถแบ่งออกได้ 2 ระดับคือ

1. การเสื่อมสภาพแบบทันที (Suddenly / Instantaneous Deterioration) อาจมีสาเหตุมาจาก ย. กำลังทำงานในบางย่านของ transient condition (เช่น การเกิด compressor surge, compressor stagnation หรือ compressor stall) หรือการใช้งาน ย.เกินขีดจำกัด (exceed limits หรือ abuse of operation) หรือเกิดจากการชำรุดของ ย.ที่บริเวณ air inlet (เช่น บ./ ย.ชนนก, เกิด FOD) ซึ่งการเสื่อมสภาพแบบทันทีนี้มักจะเกิดขึ้นแบบรุนแรง (severe) และระบบ Engine Trend Monitoring (ETM) ไม่สามารถแจ้งเตือนได้ล่วงหน้า เช่น การเกิด fatigue failure ของ compressor blades หรือการเกิดcreep/fatigue failure ของ turbine blades เป็นต้น
2. การเสื่อมสภาพแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradually Deterioration) ได้แก่การสึกกร่อน การขยายตัวของรอยร้าว ซึ่งการเสื่อมสภาพชนิดนี้สามารถตรวจพบได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรต่าง ๆ ในระบบ Engine Trend Monitoring (ETM) สำหรับ ย.Gas Turbine แล้ว เราไม่สามารถบอกได้ว่าอัตราการเสื่อมสภาพจะมีค่าเท่าใด โดยที่อัตราการเสื่อมสภาพจะเป็นแบบ non-linear

8. Data scatter or wild points may be observed in engine trend graphs. What is a probable cause of wild points ?

a. Instrument change without calibration.

b. Parallax error during reading.

c. Data entry (record) error or calculation error.

d. All of the above a, b and c are correct.

57

ข้อควรระวังอีกประการหนึ่งก็คือ ในระหว่างการตรวจสอบกราฟ ETM เมื่อพบว่ารูปร่างของกราฟ ณ จุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียว (single point) มีการเบี่ยงเบน (deviation) ไปจากค่าปกติค่อนข้างมาก (abruptly change or step change) ให้ผู้รับผิดชอบการทำ ETM อย่าเพิ่งตกใจหรือ overreact แต่ให้ดำเนินการตรวจสอบให้ถี่ถ้วนเสียก่อนว่า

1. Data Entry Error: ข้อมูลที่บันทึกไว้ (raw parameters) นั้นมีความถูกต้องหรือไม่ รวมถึงการตรวจสอบว่าขณะบันทึก ข้อมูลนั้น บ.และ ย.อยู่ในสภาพเสถียร (fly stable cruise) หรือไม่, การใช้ bleed air ตามปกติ, การ อ่านค่า pressure altitude และอุณหภูมิภายนอก (outside air temperature) ต้องเป็นไปอย่างถูกต้อง ตามปกติแล้วหากกราฟ ETM เกิด step change ขึ้นเพียงจุดเดียว (single point) ในขณะที่กราฟ ETM ที่เป็น parameters อื่น ๆ ยังชี้บอกค่าปกติ มักมีสาเหตุมาจากการบันทึกข้อมูลผิดพลาด (Data Entry Error) หรือเครื่องวัดชี้บอกค่าไม่ถูกต้อง (Instruments Error) ตัวอย่างของการบันทึกข้อมูลที่ผิดพลาด จะส่งผลกระทบกับการคำนวณค่าสมรรถนะของ ย.T56-A-15LFE ที่ผิดพลาด มีดังนี้

58

อุณหภูมิภายนอก (OAT- Outside Air Temperature): 5 ° F Error = 2 % Performance Error

Pressure Altitude: 300 Feet Error = 1 % Performance Error

Torque (Indicated): 200 lbs.-in Error = 1 % Performance Error

RPM: 1 % RPM Error = 0.5 – 1 % Performance Error

TIT: 5 ° F Error = 1 % Performance Error

2. Instruments Error: การปรับเทียบมาตรฐานเครื่องวัดของ ย. (calibration of engine indicating instruments) จะต้องทำเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้รวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น เกิดการชำรุดของ thermocouples หรือไม่ (ซึ่งจะมีผลทำให้อ่านค่า T_{t4} หรือ T_{t5} น้อยกว่าความเป็นจริง) เป็นต้น

3. Calculation Error: ขั้นต่อไปคือตรวจสอบข้อมูลหลังปรับเข้าสู่วันมาตรฐานแล้ว (corrected data) ว่ามีการคำนวณถูกต้องหรือไม่

59

ดังนั้นเมื่อเราตรวจพบว่า parameter ของกราฟ ETM มีการเบี่ยงเบน ณ จุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียว ให้สันนิษฐานไว้ในเบื้องต้นว่า น่าจะมีสาเหตุมาจาก data entry error (บันทึกข้อมูลผิดพลาด), instrument error (เครื่องวัดชี้บอกค่าผิดพลาด) หรือ calculation error (การคำนวณผิดพลาด)

9. Custom Baselines UCL (Upper Control Limit) and LCL (Lower Control Limit) can be constructed after 15 flights. The purpose of UCL and LCL is ..... ?

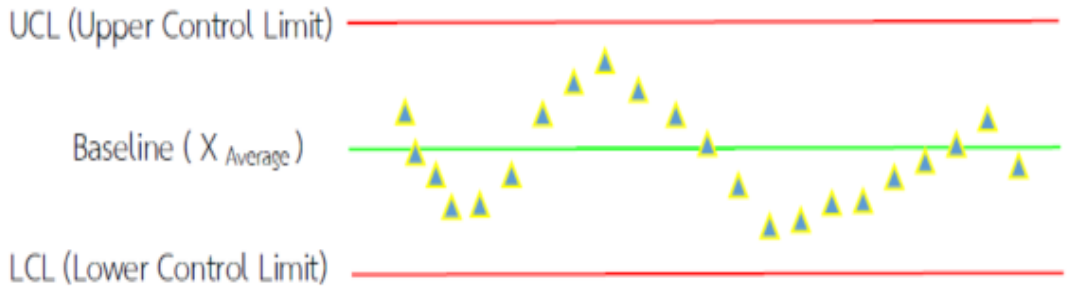
a. To establish and easily see the maximum and minimum values or bandwidth.

b. To calculate engine performance.

c. To change raw parameters to corrected parameters.

d. All of the above a, b and c are correct.

เมื่อหาค่า $X_{Average}$, UCL และ LCL เรียบร้อยแล้ว การสร้าง Baseline แบบ Custom or Generic Models ได้แสดงไว้ตามรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 การสร้าง Baseline, UCL และ LCL

ตามปกติแล้วหากข้อมูลที่นำมาใช้สร้าง Baseline เป็นข้อมูลที่บันทึกได้อย่างถูกต้องแล้ว กราฟของ Corrected Data ในการทำ Engine Trend Monitoring (ETM) จะต้องอยู่ภายใน Bandwidth (ระยะห่างระหว่าง UCL และ LCL)

10. Custom Baselines UCL and LCL are needed to renew whenever ..... ?

a. After engine overhaul

b. After Hot Section Inspection

c. After changing major components or components in the engine gas path

d. All of the above a, b and c are correct.

ช่วงเวลาที่ควรเริ่มสร้าง Baseline

ตามปกติเราควรสร้างเส้น Custom หรือ Generic Baseline ตั้งแต่เริ่มได้รับ ย.ใหม่ (brand new engine) ที่มี Time Since New (TSN = 0.00 Hrs.) หรือตั้งแต่ ย.เพิ่งผ่านการซ่อมใหญ่ (newly overhaul engine) ที่มี Time Since Overhaul (TSO = 0.00 Hrs.) ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะสูงสุดของ ย.หลังจากผ่าน heavy maintenance แล้ว เพื่อใช้เป็น Baseline มาตรฐานไปจนกระทั่ง ย.ครบอายุการใช้งาน ซึ่งจะทำให้มองเห็นภาพรวมของการเสื่อมสภาพ (engine degradation) ตั้งแต่เมื่อ ย.มีสภาพสมบูรณ์มากที่สุดไป จนกระทั่งถึงจุดที่ต้องถอด ย.ลงส่งซ่อม

นอกจากนี้เราจะต้องหา Custom หรือ Generic Baseline ใหม่ทุกครั้งภายหลังจากที่ ย.ได้ผ่านการซ่อมใหญ่ (Overhaul), ตรวจซ่อมชุดส่วนทนความร้อน (Hot Section Inspection- HSI), การถอดเปลี่ยน Engine Module หรือ การถอดเปลี่ยนบริภัณฑ์หลักของ ย.ภายใน Gas Path เช่น ถอดเปลี่ยน Compressor, Turbine เป็นต้น

การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) ควรทำเป็นปกติอย่างสม่ำเสมอทุกเที่ยวบิน หรือทุกวัน หรืออย่างน้อยที่สุดทุกๆ ๕ ชม.บิน เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของกราฟ และสามารถทำการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ต่อเนื่องและรวดเร็ว หากพบสิ่งผิดปกติก็จะได้ตรวจสอบหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขได้ทันที

11. What is the best frequency to perform engine trend monitoring ?

a. Every flight or at least every 3 flying hours.

b. Every flight or at least every 5 flying hours.

c. Every flight or at least every 8 flying hours.

d. Every flight or at least every 10 flying hours.

ช่วงเวลาที่ควรเริ่มสร้าง Baseline

ตามปกติเราควรสร้างเส้น Custom หรือ Generic Baseline ตั้งแต่เริ่มได้รับ ย.ใหม่ (brand new engine) ที่มี Time Since New (TSN = 0.00 Hrs.) หรือตั้งแต่ ย.เพิ่งผ่านการซ่อมใหญ่ (newly overhaul engine) ที่มี Time Since Overhaul (TSO = 0.00 Hrs.) ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะสูงสุดของ ย.หลังจากผ่าน heavy maintenance แล้ว เพื่อใช้เป็น Baseline มาตรฐานไปจนกระทั่ง ย.ครบอายุการใช้งาน ซึ่งจะทำให้มองเห็นภาพรวมของการเสื่อมสภาพ (engine degradation) ตั้งแต่เมื่อ ย.มีสภาพสมบูรณ์มากที่สุดไป จนกระทั่งถึงจุดที่ต้องถอด ย.ลงส่งซ่อม

นอกจากนี้เราจะต้องหา Custom หรือ Generic Baseline ใหม่ทุกครั้งภายหลังจากที่ ย.ได้ผ่านการซ่อมใหญ่ (Overhaul), ตรวจซ่อมชุดส่วนทนความร้อน (Hot Section Inspection- HSI), การถอดเปลี่ยน Engine Module หรือ การถอดเปลี่ยนบริภัณฑ์หลักของ ย.ภายใน Gas Path เช่น ถอดเปลี่ยน Compressor, Turbine เป็นต้น

การทำ Engine Trend Monitoring (ETM) ควรทำเป็นปกติอย่างสม่ำเสมอทุกเที่ยวบิน หรือทุกวัน หรืออย่างน้อยที่สุดทุกๆ ๕ ชม.บิน เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของกราฟ และสามารถทำการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ต่อเนื่องและรวดเร็ว หากพบสิ่งผิดปกติก็จะได้ตรวจสอบหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขได้ทันที

12. Engine gas path problems shall be confirmed when ..... ?

a. Trend graph lies within bandwidth.

b. One engine parameter indicated non normal.

c. Two or more engine parameters indicated non normal.

d. All of the above a, b and c are correct.

Engine Gas Path Problems

ลักษณะของกราฟ ETM ที่แสดงถึงการเกิดสิ่งผิดปกติขึ้นภายใน Gas Path ของ ย.(Engine Problems) กราฟ ETM ที่แสดงการเกิดสิ่งผิดปกติภายใน ย.นั้น จะต้องมี parameters ที่บ่งบอกสิ่งผิดปกติอย่างน้อย 2 parameters เสมอ จึงจำเป็นต้องพิจารณาเปรียบเทียบค่า Corrected N1, Corrected TOT และ Corrected Torque ร่วมกัน (รวมถึง Corrected Fuel Flow ด้วย) เพื่อให้อ่านความหมายกราฟ ETM ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีตัวอย่างแสดงไว้ดังนี้

13. Engine hot section problems could be indicated by ..... ?

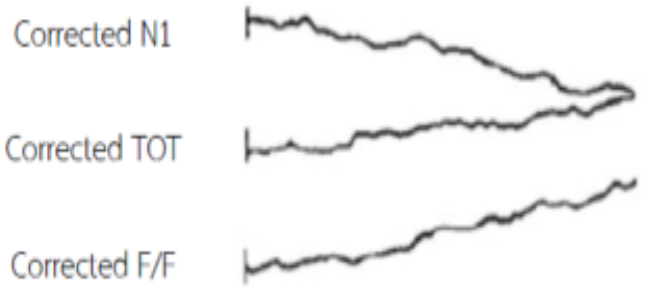
a. High turbine inlet/outlet temperature, high fuel flow and low power.

b. High turbine inlet/outlet temperature, high fuel flow and high power.

c. High turbine inlet/outlet temperature, low fuel flow and low power.

d. High turbine inlet/outlet temperature, steady fuel flow and high power.

Corrected N1 ↓ (ค่อย ๆ ลดลงทีละน้อย); Corrected TOT ↑ (ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อย); และ ย.สิ้นเปลือง ชพ.เพิ่มขึ้น ↑ แสดงว่าอาจมีสาเหตุมาจากการเสื่อมสภาพภายในชุด Hot Section ของ ย. อันเนื่องมาจากอายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามปกติ ซึ่งอาจเกิดจาก Compressor Turbine Vane Ring Distress หรือ Compressor Turbine Blade Tip Clearance มากเกินเกณฑ์ หรือเกิดจาก Compressor Turbine Blade Distress หรืออาจเกิดจาก Accessory Gearbox ชำรุด



Hot Section Problems

Compressor Turbine Problems

Accessory Gearbox Malfunction

14. Dirty engine compressor could be indicated by ..... ?

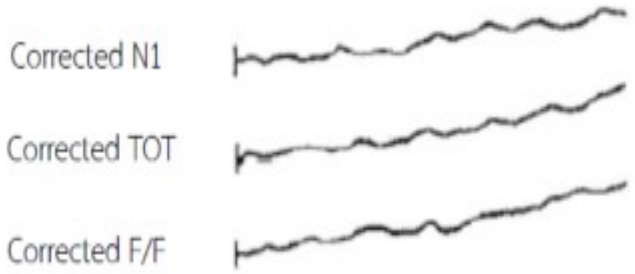
a. High turbine inlet/outlet temperature, high fuel flow and low RPM.

b. High turbine inlet/outlet temperature, low fuel flow and high RPM.

c. High turbine inlet/outlet temperature, high fuel flow and high RPM.

d. High turbine inlet/outlet temperature, low fuel flow and low RPM.

๕.๓.๗.๑ Corrected N1 ↑ (ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อย); Corrected TOT ↑ (ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อย); และ ย.สิ้นเปลือง ชพ.เพิ่มขึ้น ↑ (ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทีละน้อย) แสดงว่าอาจมีสาเหตุมาจาก Dirty Compressor หรือ Compressor Erosion หรืออาจเกิดจาก Bleed Valve ทำงานผิดปกติ เช่น เกิดการรั่วไหล หรือปิดไม่สนิท



Dirty Compressor

Compressor Erosion

Bleed Air Valve Malfunction

15. Bad engine thermocouples could be indicated by ..... ?

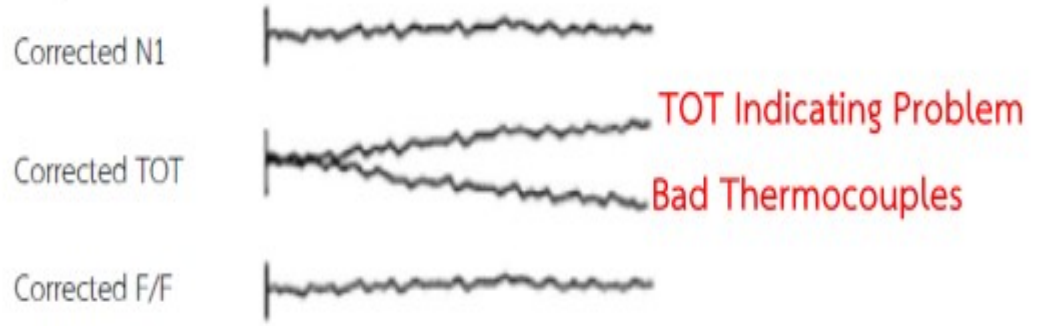
a. Low turbine inlet/outlet temperature, low fuel flow and normal power.

b. Low turbine inlet/outlet temperature, normal fuel flow and normal power.

c. High turbine inlet/outlet temperature, low fuel flow and normal power.

d. High turbine inlet/outlet temperature, high fuel flow and normal power.

Corrected TOT ↓ (ลดลงเรื่อย ๆ) ติดต่อกัน ในขณะที่ค่า Corrected Torque, Corrected N1 และ Corrected Fuel Flow ยังชี้บอกค่าปกติ → แสดงถึงการชำรุดของ Thermocouples (เนื่องจากการชำรุดของ Thermocouples ทำให้ TOT reads Low) แต่บางครั้งค่า Corrected TOT อาจเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ↑ เพียงค่าเดียว ในขณะที่ค่า Corrected Torque, Corrected N1 และ Corrected Fuel Flow ยังชี้บอกค่าปกติ → แสดงว่าอาจเกิดการชำรุดขึ้นในระบบ TOT Indicating System เช่น plugs, wiring หรือ wiring harness เป็นต้น



16. In the engine trend monitoring analysis, importance of engine parameters priority from the highest concern are sequenced as follow 1.....; 2 .....; 3 ..... ; 4 ..... ?

a. Engine Power (Torque / EPR) ; EGT (TIT/TOT) ; Fuel Flow ; RPM (N1/N2)

b. EGT (TIT/TOT) ; Fuel Flow ; RPM (N1/N2) ; Engine Power (Torque / EPR)

c. EGT (TIT/TOT) ; RPM (N1/N2) ; Fuel Flow ; Engine Power (Torque / EPR)

d. Engine Power (Torque / EPR) ; EGT (TIT/TOT) ; RPM (N1/N2) ; Fuel Flow

ลำดับความสำคัญของ Parameters

No. 1 Parameter: TIT, TOT, ITT, EGT

No. 2 Parameter: RPM (N1, N2)

No. 3 Parameter: Fuel Flow (F/F or Wf)

No. 4 Parameter: Torque (% or lbs.-in or lbs.-ft.)

17. Differential Engine Performance Monitoring is an engine trend monitoring for multi - engine aircraft. What is the advantage of "Differential Engine Performance Monitoring" Differential Engine Performance Monitoring" ?

a. It does not required to change engine raw parameters to corrected parameters.

b. It save time to plot trend graph.

c. Records can be made at any stable cruise level flight conditions with the same power setting.

d. All of the above a, b, c and d are correct.

กรมช่างอากาศ
Directorate Of Aeronautical Engineering

หลักการของ Differential Analysis of Engine Performance

- Differential Analysis of Engine Performance มีหลักการคือเป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะของ ย.ที่เป็น Multi-Engine Aircraft เพื่อเฝ้าติดตามการเบี่ยงเบนของ Engine Parameters ของ ย.แต่ละเครื่อง เมื่อเปรียบเทียบกับ ย.อ้างอิง (Reference Engine) ว่ายังอยู่ในเกณฑ์หรือไม่
- ในการสร้างกราฟ ETM นั้นไม่ต้องปรับข้อมูลเข้าสู่วันมาตรฐาน (Standard Day) ตามค่า Pressure Altitude (PA) และ Outside Air Temperature (OAT) ที่เปลี่ยนแปลงไปแต่อย่างใด การทำ Differential Monitoring นี้จึงมีความสะดวกและได้ผลดีเช่นเดียวกันกับการทำ ETM ที่แปลงค่า Raw Parameters มาเป็น Corrected Parameters

เป็นองค์กรที่มุ่งเน้นการพัฒนาระบบการซ่อมสร้างอากาศยาน ให้มีความปลอดภัยและเป็นมาตรฐานสากล

18. What is the principle of Engine Trend Monitoring for reciprocating engine ?

a. To compare engine parameters at stable cruise flight level and flight conditions which have the same engine oil pressure.

b. To compare engine parameters at stable cruise flight level and flight conditions which have the same engine Cylinder Head Temperature (CHT).

c. To compare engine parameters at stable cruise flight level and flight conditions which have the same engine power setting (engine load or torque or RPM).

d. To compare engine parameters at stable cruise flight level and flight conditions which have the same engine fuel flow.

ส่วน ย.ลูกสูบนั้นได้กำลัง (Power Output) มาจากการไหลของกระแสอากาศผ่านเข้ามาทาง Air Intake Duct แล้วใช้ส่วนผสมของ เชื้อเพลิงกับอากาศ (Fuel Air Mixture) ที่เหมาะสม ทำให้เกิดการสันดาปภายในกระบอกสูบ (Piston) ทำให้ก้านสูบ (Piston Rod) มีการเคลื่อนตัวไปหมุนขับเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft) และหมุนขับชุดใบพัดเพื่อเป็นแรงขับเคลื่อนของ บ.ต่อไป

วิธีการทำ ETM ให้กับ ย.ลูกสูบ

หลักการที่สำคัญในการทำ ETM ให้กับ ย.ลูกสูบ ไม่ว่าจะเป็น ย.รุ่นใดก็ตาม ก็คือให้บันทึกข้อมูลในสภาวะการบินที่มีค่า Engine Load หรือ Torque ที่เท่ากัน หรือให้ใช้สภาวะการบินที่มีค่า Engine Speed (RPM) ที่เท่ากัน แล้วเมื่อ บ.บินตรงบินระดับ (Cruise) ใน Clean Configuration แล้วจึงบันทึกค่า Parameters ต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5-1

- CT-4E: Fly Stable Cruise @ 2,400 RPM
- DA-42: Fly Stable Cruise @ 70 % Engine Load (Tq)

Engine Trend Monitoring (ETM)

As of 4th Nov. 2020