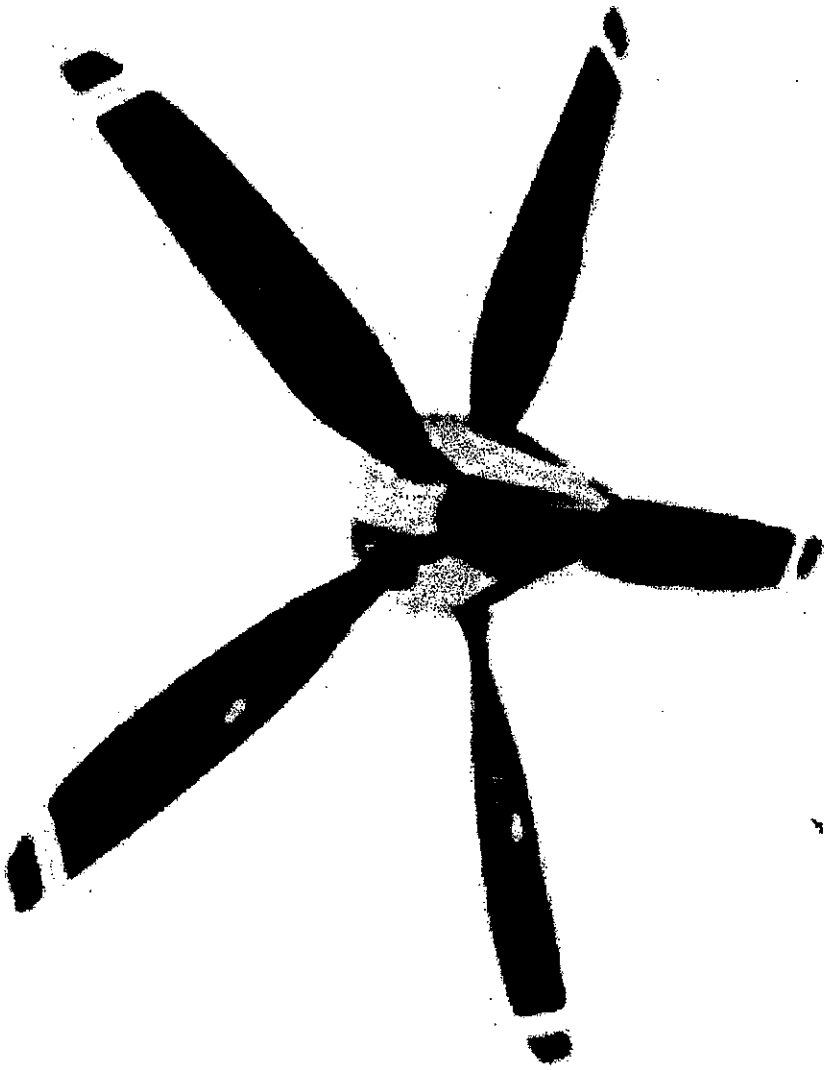
Aircraft Propellers (ใบพัดอากาศยาน)

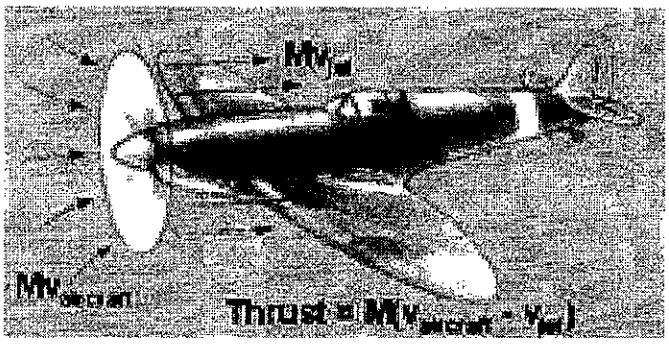


แผนกวิทยาการ กวก.ชอ.บนอ.

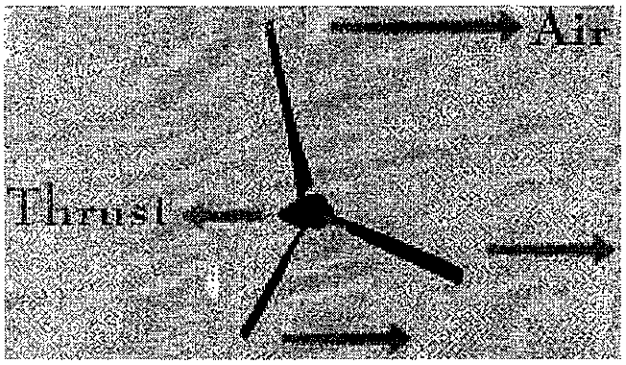
Aircraft Propellers (ใบพัดอากาศยาน)

Thrust เป็นแรงที่ใช้ขับเคลื่อนอากาศยานไปในอากาศ Thrust เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ผลักดันอากาศยาน ซึ่งมีอยู่หลายแบบและหลายวิธีการในการสร้างระบบผลักดันนี้ขึ้นมา ถึงแม้ว่ามันจะอาศัย โดยใช้กฎของ Newton ข้อที่สาม ใบพัดก็เป็นหนึ่งในระบบขับเคลื่อนอากาศยาน

จุดมุ่งหมายของ ใบพัดก็คือการขับเคลื่อนอากาศยานให้เคลื่อนที่ไปในอากาศ ใบพัดประกอบด้วยใบหรือกลีบ ตั้งแต่สองกลีบ หรือสองใบขึ้นไป ต่อกันด้วยที่ศูนย์กลาง ซึ่งเรียกว่า HUB และ hub นี้ทำหน้าที่ยึดใบพัดแต่ละกลีบ หรือแต่ละใบ เข้ากับ Shaft ของเครื่องยนต์

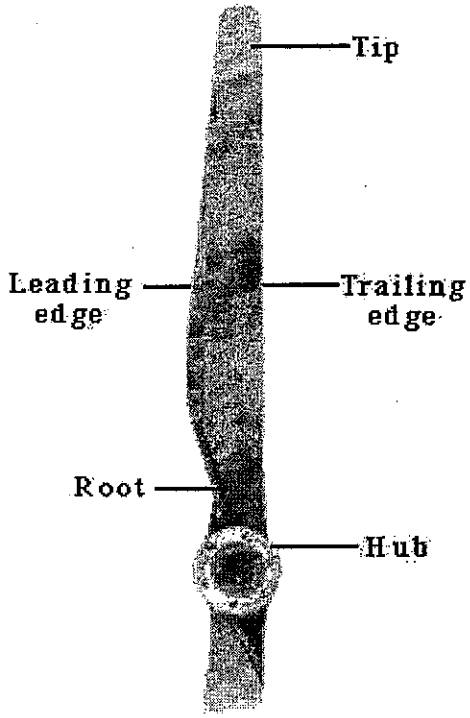


ใบพัด สร้างขึ้นให้มีลักษณะหรือรูปร่าง เป็น Airfoil คล้ายกับลักษณะของปีกเครื่องบิน เมื่อใบพัดหมุนโดยการหมุนของเครื่องยนต์ ใบพัดก็จะสร้าง แรงยก ไปทางด้านหน้าของเครื่องบิน และ แรงยกส่วนนี้เราเรียกว่า thrust ที่จะทำให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปข้างหน้า อากาศยานส่วนใหญ่มีใบพัดแบบที่ใช้ดึงเครื่องบินผ่านไปในอากาศ ใบพัดประเภทนี้เรียกว่า ใบพัดแบบ tractor อากาศยานบางเครื่องใช้ใบพัดแบบผลัก ให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปในอากาศ เรียกใบพัด ประเภทนี้ว่า pusher

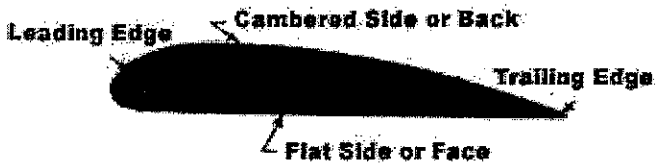


ความหมายของคำที่ควรทราบ

Leading Edge คือส่วนแรกของใบพัดที่หมุนตัดกับอากาศ เมื่อใบพัดตัดอากาศ อากาศก็จะไหลผ่านบนด้านหน้าของใบพัด และส่วนที่เป็นส่วนโค้งของใบพัด

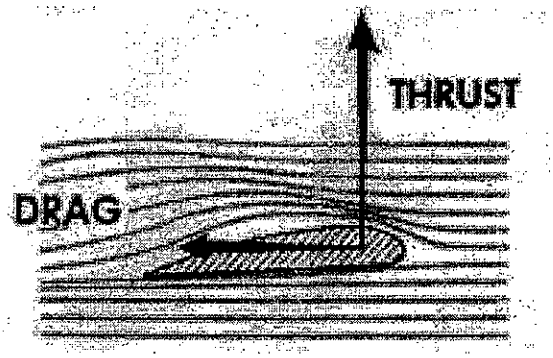


Blade Face ก็คือส่วนล่างของใบพัด หรือ ส่วนล่างของ Airfoil แต่เราอาจจะเรียกว่าเป็นด้านหลังของใบพัด



Cross section of a propeller blade.

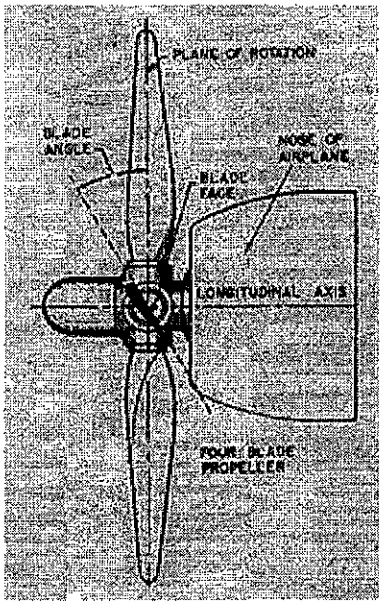
Thrust Face ก็คือส่วนที่มีความโค้งพื้นผิวของใบพัด หรือบางทีเราเรียกว่าด้านหน้าของใบพัด



Blade Shank (Root) คือส่วนของกลีบใบพัดที่อยู่ที่ส่วนหัว หรือ ส่วนที่อยู่ติดกับ ส่วนตรงกลาง (hub)

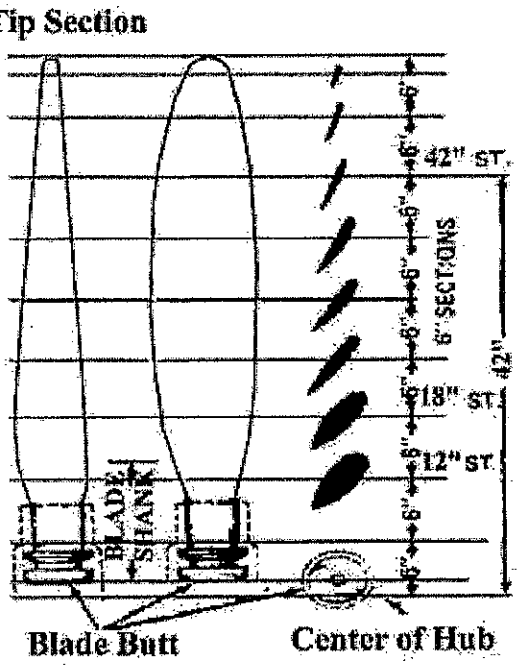
Blade Tip คือส่วนปลายสุดของใบพัด

Plane of Rotation คือระนาบจินตนาการของการหมุนของใบพัดที่ตั้งฉากกับ แกนของเครื่องยนต์ ระนาบนี้จะเป็นระนาบวงกลม ตามที่ใบพัดหมุน



Blade Angle คือมุมที่เกิดจากส่วนของด้านหลังของใบพัด หรือ Blade Face กับ ระนาบการหมุนของใบพัด มุมที่เกิดขึ้นตลอดระยะความยาวของใบพัด ตั้งแต่โคนถึงปลายใบพัดจะไม่เท่ากัน

เหตุผล ในการที่มุมตลอดใบพัดมีค่าต่างกัน เพราะว่า ระยะความยาวของใบพัด จากแกนศูนย์กลางการหมุนไม่เท่ากัน ทำให้ความเร็วของใบพัดแต่ละส่วนมีความเร็วไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลกับแรงที่เกิดขึ้น ดังนั้นการออกแบบจึงต้องการให้ทุกๆส่วนของใบพัดมีมุม Angle of Attack ของส่วนของตัวเอง ที่มีประสิทธิภาพที่สุดที่สามารถสร้างแรง Thrust ตามความเร็วรอบที่ออกแบบมา

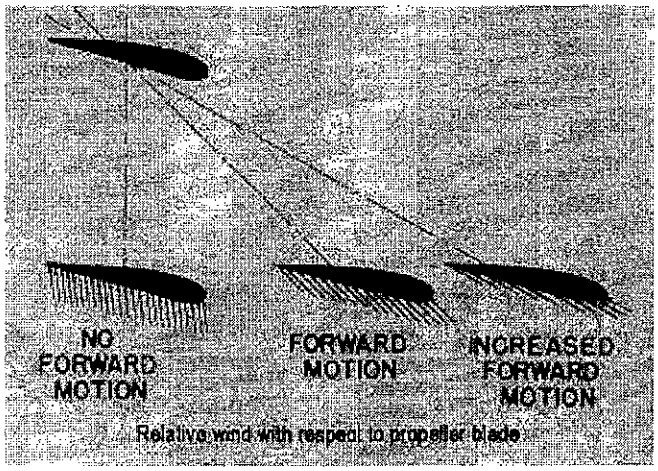


Blade Element คือส่วนย่อยๆของความยาวของใบพัด เสมือนนำส่วนย่อยๆนี้มาต่อกัน ขึ้นมาเป็นใบพัด หรือ blade airfoil ส่วนย่อยๆนี้ วางอยู่ในตำแหน่ง ที่ทำมุมกับระนาบการหมุนที่ต่างกัน

เหตุผลในการวางส่วนต่างๆที่มุมต่างกัน เพราะว่า ส่วนย่อยๆต่างๆของใบพัดนั้นมีความเร็วในการหมุนที่ต่างกัน ส่วนของใบพัดที่อยู่ด้านในติดกับศูนย์กลางจะมีความเร็วที่ช้ากว่า ส่วนที่อยู่ไกลออกไปที่ส่วนปลายของใบพัด ถ้าหากว่าทุกส่วนตลอดความยาวของใบพัดมีมุมเท่ากันหมด ทิศทางของลมที่กระทบกับใบพัดก็จะไม่กระทบกับใบพัดที่มุม Angle of Attack ที่เท่ากัน นี่เป็นเพราะความเร็วของใบพัดตลอดระยะความยาวจะไม่เท่ากัน

ใบพัด จะมีลักษณะบิดเป็นเกลียวเล็กน้อย (เนื่องจากการมีมุมที่ต่างกันในแต่ละส่วน ของใบพัด) ในตัวของมันด้วยเหตุผลที่สำคัญ เมื่อใบพัดหมุนไปรอบๆ แต่ละส่วนของใบพัด หมุนด้วยความเร็วที่ต่างกัน การที่ใบพัด บิดเล็กน้อยนั่นหมายความว่า แต่ละส่วนที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วเท่ากันจึงทำให้ไม่เกิดแรงที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของใบพัด มากกว่ากัน ซึ่งจะทำให้เกิดอาการงอได้ (bending)

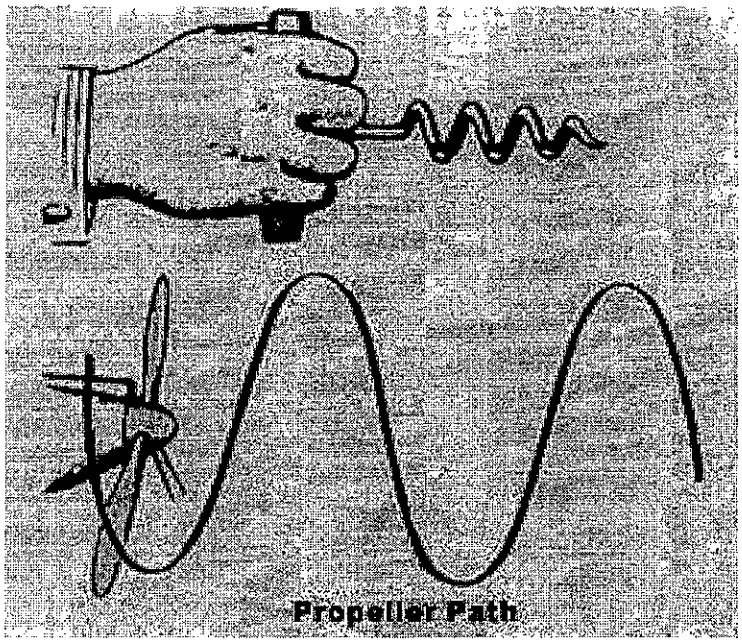
Thrust ที่เกิดจากใบพัดที่ติดอยู่กับ Shaft ของเครื่องยนต์ขณะที่ใบพัดหมุน ขณะทำการบิน แต่ละส่วนเคลื่อนไหว พร้อมกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเครื่องบิน และการหมุนรอบของใบพัด ส่วนที่หมุนช้า ก็จะมีมุม Angle of Attack ที่มากกว่าในการสร้าง Thrust ดังนั้น รูปร่าง (cross section) ของใบพัดจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงจากโคนใบพัดไปจนถึงปลายของใบพัด และการเปลี่ยนรูปร่างเช่นนี้ ทำให้ใบพัดมีลักษณะบิด (Twist) ของใบพัด



Relative คือลมที่กระทบและผ่าน airfoil เมื่อ airfoil เคลื่อนที่ผ่านอากาศ

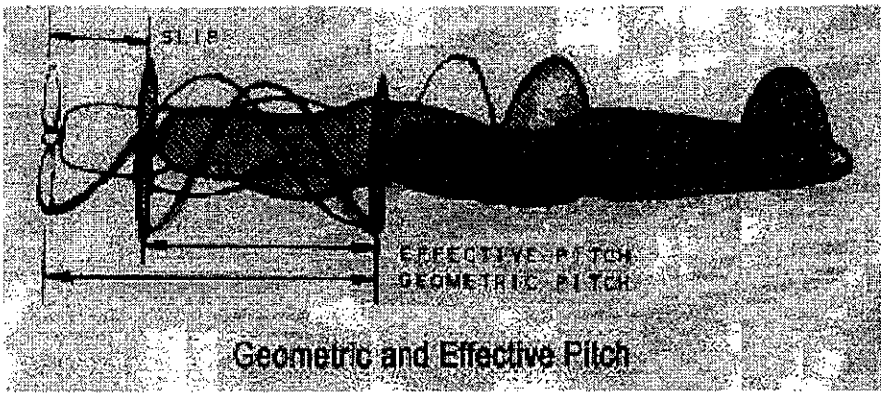
Angle of Attack เป็นมุมระหว่าง chord ของ element กับ relative wind สำหรับใบพัดแล้วมุมที่มีประสิทธิภาพจะอยู่ระหว่าง 2 ถึง 4 องศา

Blade Path เป็นทางเดินที่ใบพัดเคลื่อนที่ไป



Pitch อ้างถึง ระยะทาง ที่เป็นเกลียวเหมือนเกลียวของสกรู ที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหนึ่งรอบ ซึ่งก็เหมือนใบพัดเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เมื่อหมุนอยู่ในอากาศ

Geometric Pitch เป็นระยะทางในทาง ทฤษฎี ที่ใบพัดควรจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อใบพัดหมุนไปหนึ่งรอบ



Effective Pitch เป็นระยะทางในทางปฏิบัติจริงๆ เมื่อใบพัดหมุนหนึ่งรอบในขณะทำการบินในอากาศ effective pitch จะมีระยะทางสั้นกว่า geometric pitch เสมอเนื่องจากอากาศที่เป็นของไหลจะ **ลื่นไถล** (slip)

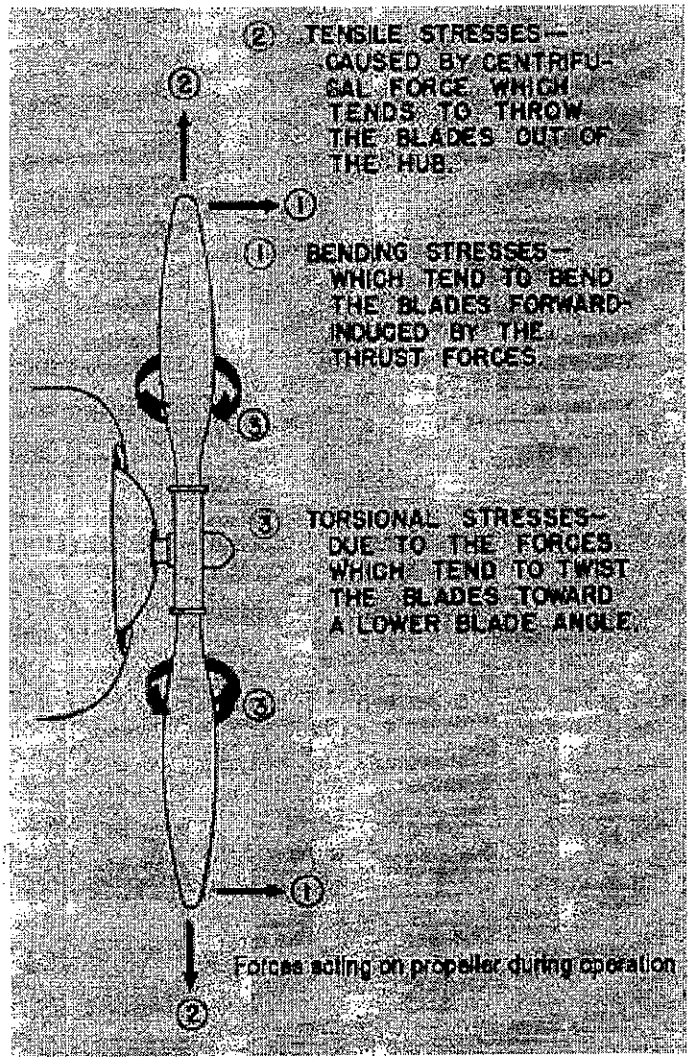
แรง และ ความล้า ที่กระทำบนใบพัดขณะทำการบิน

แรง (Force) กระทำต่อใบพัดขณะทำการบิน คือ :

1. Thrust เป็นแรงของอากาศบนใบพัด ซึ่งขนานกับทิศทางที่ไปข้างหน้า และก่อให้เกิดแรงที่ทำให้ใบพัดมีอาการที่จะงอ

2. Centrifugal force เป็นแรงหนีศูนย์กลางเกิดจากการหมุนของใบพัดมีอาการที่พยายามเหวี่ยงใบพัดออกไปจากศูนย์กลาง

3. Torsion or Twisting forces ภายในตัวของใบพัดเอง ซึ่งเกิดจากผลของแรงที่เกิดจากอากาศที่พยายามจะบิดใบของใบพัด ไปหามุมที่ต่ำกว่า หรือไปหามุมที่แบน



The stress ที่กระทำต่อใบพัดขณะทำการบินคือ :

1. Bending stresses ซึ่งเกิดจากแรง trust ที่กระทำต่อใบพัด stresses อันนี้พยายามที่จะโค้งงอใบพัดไปข้างหน้าขณะที่เครื่องบินเคลื่อนที่ไป ในอากาศ ด้วยใบพัด

2. Tensile stresses เกิดจากแรงหนีศูนย์กลางของใบพัดเอง

3. Torsion stresses แรงบิดนี้เกิดจากการ หมุนของใบพัดเอง ด้วยแรงบิดสองแรง แรงแรก เกิดจากแรงที่กระทำตอบโต้กับแรงลมที่เกิดจากใบพัด ที่เรียกว่า aerodynamic twisting moment อีกแรงหนึ่ง เกิดจากแรงหนีศูนย์กลาง และเรียกแรงนี้ว่า centrifugal twisting moment.

© 2002 Thai Technics.Com All Rights Reserved

General Information

Thrust is the force that move the aircraft through the air.Thrust is generated by the propulsion system of the aircraft. There are different types of propulsion systems develop thrust in different ways, although it usually generated through some application of Newton's Third Law. Propeller is one of the propulsion system. The purpose of the propeller is to move the aircraft through the air. The propeller consist of two or more blades connected together by a hub. The hub serves to attach the blades to the engine shaft. .

The blades are made in the shape of an airfoil like wing of an aircraft. When the engine rotates the propeller blades, the blades produce lift. This lift is called **thrust** and moves the aircraft forward. most aircraft have propellers that pull the aircraft through the air. These are called **tractor** propellers. Some aircraft have propellers that **push** the aircraft. These are called **pusher** propellers.

Description

Leading Edge of the airfoil is the cutting edge that slices into the air. As the leading edge cuts the air, air flows over the blade face and the cambe side.

Blade Face is the surface of the propeller blade that corresponds to the lower surface of an airfoil.

Thrust Face is the curved surface of the airfoil.

Blade Shank (Root) is the section of the blade nearest the hub.

Blade Tip is the outer end of the blade fartest from the hub.

Plane of Rotation is an imaginary plane perpendicular to the shaft. It is the plane that contains the circle in which the blades rotate.

Blade Angle is formed between the face of an element and the plane of rotation. The blade angle throughout the length of the blade is not the same. The reason for placing the blade element sections at differentangles is because the various sections of the blade travel at different speed. Each element must be designed as part of the blade to operate at its own best angle of attack to create thrust when revolving at its best design speed

Blade Element are the airfoil sections joined side by side to form the blade airfoil. These elements are placed at different angles in rotation of the plane of rotation.

The reason for placing the blade element sections at different angles is because the various sections of the blade travel at different speeds. The inner part of the blade section travels slower than the outer

part near the tip of the blade. If all the elements along a blade is at the same blade angle, the relative wind will not strike the elements at the same angle of attack. This is because of the different in velocity of the blade element due to distance from the center of rotation.

The blade has a small twist (due to different angle in each section) in it for a very important reason. When the propeller is spinning round, each section of the blade travel at different speed, The twist in the peopeller stopping the propeller from bending.

Thrust is produced by the propeller attached to the engine driveshaft. While the propeller is rotating in flight, each section of the blade has a motion that combines the forward motion of the aircraft with circular movement of the propeller. The slower the speed, the steeper the angle of attack must be to generate lift. Therefore, the shape of the propeller's airfoil (cross section) must chang from the center to the tips. The changing shape of the airfoil (cross section) across the blade results in the twisting shape of the propeller.

Relative Wind is the air that strikes and pass over the airfoil as the airfoil is driven through the air.

Angle of Attack is the angle between the chord of the element and the relative wind. The best efficiency of the propeller is obtained at an angle of attack around 2 to 4 degrees.

Blade Path is the path of the direction of the blade element moves.

Pitch refers to the distance a spiral threaded object moves forward in one revolution. As a wood screw moves forward when turned in wood, same with the propeller move forward when turn in the air.

Geometric Pitch is the theoritical distance a propeller would advance in one revolution.

Effective Pitch is the actual distance a propeller advances in one revolution in the air. The effective pitch is always shorter than geometric pitch due to the air is a fluid and always **slip.**

<u>Forces and stresses acting on a propeller in flight</u>

The forces acting on a propeller in flight are :

1. **Thrust** is the air force on the propeller which is parallel to the directionof advance and induce bending stress in the propeller.

2. **Centrifugal force** is caused by rotation of the propeller and tends to throw the blade out from the center.

3. **Torsion or Twisting forces** in the blade itself, caused by the resultant of air forces which tend to twist the blades toward a lower blade angle.

The stress acting on a propeller in flight are :

1. Bending stresses are induced by the trust forces. These stresses tend to bend the blade forward as the airplane is moved through the air by the propeller.

2. Tensile stresses are caused by centrifugal force.

3. Torsion stresses are produced in rotating propeller blades by two twisting moments. one of these stresses is caused by the air reaction on the blades and is called the **aerodynamic twisting moment.** The another stress is caused by centrifugal force and is called the **centrifugal twisting moment.**

2002 Thai Technics.Com All Rights Reserved

TYPE OF AIRCRAFT PROPELLERS

Type of propellers

การออกแบบใบพัดเครื่องบินนั้น ประสิทธิภาพการใช้สำหรับการบินสูงสุด ในทุกสภาพการใช้งาน ตั้งแต่เริ่มบิน (takeoff) ไต่ระดับ (climb) บินระดับ (cruising) และความเร็วสูงสุด ใบพัดอาจจะแบ่งออกเป็นแบ่งแบบทั่วๆไปดังนี้ :

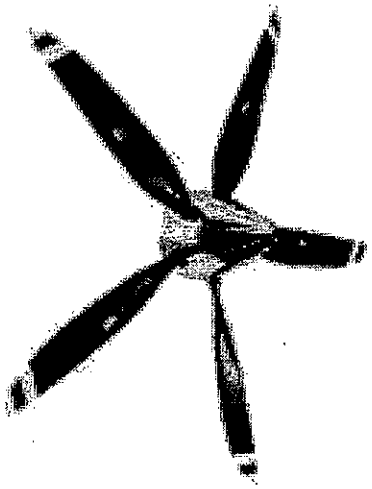
1.Fixed pitch : ใบพัดแบบ มุมคงที่ ซึ่งสร้างขึ้นเป็นชิ้นๆเดียวที่มีมุม หรือ Pitch คงที่ และทั่วไปจะเป็นใบพัด ที่มีสองกลีบหรือสองใบ และทำด้วยไม้ หรือ โลหะ

Wooden Propellers : ใบพัดไม้ หรือใบพัดที่ทำจากไม้โดยทั่วไปจะใช้กับเครื่องบินส่วนตัว หรือเครื่องบินธุรกิจ ก่อนสงครามโลกครั้งที่สองใบพัดไม้ไม่ได้ตัดมาจากไม้ท่อนเดียวเป็นแท่ง แต่สร้างขึ้นมาจากการประกอบกันขึ้นจากชิ้นไม้หลายๆชั้น ที่ได้คัดเลือกแล้วไม้ที่ยอมรับ และใช้ในการทำใบพัด ได้แก่ yellow birch, sugar - mable, black cherry, และ black walnut การใช้ไม้มาทำเป็นชั้นๆ (Laminated) ก็เพื่อลดโอกาศที่ไม้ หรือใบพัดจะโก่งงอ สำหรับมาตรฐานทั่วๆไป ใบพัดหนึ่งใบ จะประกอบด้วยไม้เป็นชั้นๆ ประมาณ 5 ถึง 9 ชั้น สำหรับความหนา 3/4 นิ้ว

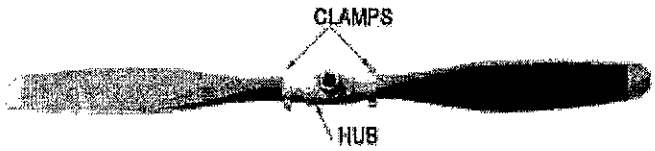
Fixed-pitch one-piece wood propeller.

Metal Propellers : ระหว่างปี 1940 , ใบพัดที่ทำจากเหล็กมีใช้แล้วสำหรับทหาร แต่ใบพัดที่ทันสมัยในปัจจุบัน ใช้ ทำมาจาก อลูมินัมอัลลอยล์ ที่มีความเหนียว ผ่านกระบวนการชุบแข็ง และอัดขึ้นรูป จากอลูมินัม

ท่อนเดียว ตามรูปแบบที่ต้องการปัจจุบันใบพัดที่ทำจากโลหะ ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายกับอากาศยานทุกแบบ จากสายตาใบพัดที่ทำด้วยโลหะ ก็คล้ายกับใบพัดที่ทำด้วยไม้ นอกจากว่าใบพัดที่ทำด้วยโลหะจะบางกว่า



2.Ground adjustable pitch : การตั้งค่า pitch หรือมุมของใบพัด สามารถกระทำได้ด้วยเครื่องมือ ขณะที่เครื่องจอดอยู่บนพื้น ก่อนที่จะติดเครื่องยนต์ ใบพัดชนิดนี้ โดยทั่วไปแล้วที่ HUB จะสามารถแยกออกจากกันได้ มุมของใบพัดจะตั้งค่าเท่าไรนั้น บริษัทผู้สร้าง เครื่องบินจะเป็นผู้กำหนด การตั้งค่า Pitch หรือ มุมของใบพัด ก็เพื่อชดเชยค่าความสูงของสนามบินแต่ละแห่ง หรือเพื่อคุณลักษณะของเครื่องบินต่างชนิดกัน แต่ใช้เครื่องยนต์แบบเดียวกันการตั้งมุมของใบพัด ก็โดยหลวมแหวนรัด ที่ HUB แล้วก็หมุนใบพัดไปตามมุมที่ต้องการแล้วก็ขัน แหวนรัดให้แน่นดังเดิม



A ground-adjustable propeller.

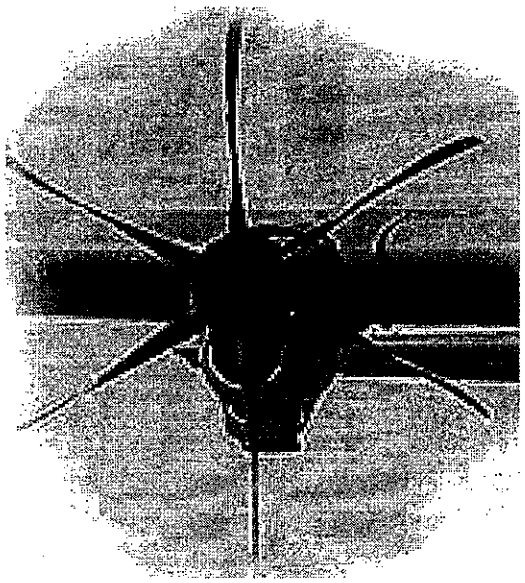
3.Two-position : ได้แก่ใบพัดที่สามารถเปลี่ยน pitch จากตำแหน่งหนึ่ง ไปอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยนักบินขณะที่กำลังทำการบินอยู่

4.Controllable pitch : นักบินสามารถที่จะเปลี่ยน pitch ของใบพัดได้ ในขณะที่กำลังทำการบินอยู่ด้วยระบบการเปลี่ยน pitch ซึ่งอาจจะเป็นระบบ Hydraulic ก็ได้ และเปลี่ยนมุมได้มากกว่าสอง ตำแหน่ง

5.Constant speed : ใบพัดที่หมุนด้วยรอบคงที่ จะใช้ระบบ hydraulically หรือ electrically ในการเปลี่ยน pitch ของใบพัด และระบบนี้จะถูกควบคุมโดย อุปกรณ์ที่เรียกว่า governor การตั้งค่าของ governor กระทำโดยนักบิน ผ่านคันบังคับรอบ rpm ในห้องนักบินระหว่างการทำงานใบพัดจะรักษาให้รอบเครื่องยนต์ หรือรอบของ

ใบพัดคงที่อัตโนมัติ โดยการเปลี่ยนมุมของใบพัดให้มากขึ้น หรือน้อยลง เพื่อรักษารอบของเครื่องยนต์เอาไว้ ถ้ากำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น (เช่น ขึ้นที่สูง อากาศเบาบาง) มุมของใบพัดก็จะเพิ่มขึ้น เพื่อให้ใบพัดรับกับแรงของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น rpm ก็จะรักษาให้คงที่ได้ ในทางตรงกันข้าม ถ้ากำลังเครื่องยนต์ตกลงไป มุมของใบพัดก็จะลดลงเพื่อทำให้ กินอากาศน้อยลง เพื่อรักษารอบเครื่องยนต์ให้คงที่ นักบินจะเป็นผู้เลือก ความเร็วรอบเครื่องยนต์ตามที่ต้องการเพื่อให้เป็นไปตามที่กำหนด แต่ละเงื่อนไขที่ต้องการ

6.Full Feathering : ก็คือ ใบพัดชนิดความเร็วรอบคงที่ แต่สามารถที่จะหันสันของใบพัด (edge) เข้าหาลม เพื่อไม่ให้เกิดแรงต้าน หรือเกิดการหมุนของใบพัดขึ้น ขณะที่เครื่องยนต์มีปัญหา หรือเครื่องยนต์ดับขณะทำการบิน คำว่า Feathering หมายถึง การดำเนินการ หมุนกลีบใบพัดเข้าหาลม เพื่อจุดประสงค์หยุดการหมุนของใบพัด เพื่อลดแรงต้าน ดังนั้น Feathered blade กลีบใบพัดจะประมาณอยู่ในแนวทีศทางของการบิน หรือปรับใบพัดให้อยู่ในตำแหน่งมุมสูงสุด (turned the blades to a very high pitch) Feathering มีความจำเป็น เมื่อเครื่องยนต์เสีย ขณะทำการบิน หรือต้องการดับเครื่องยนต์ ขณะทำการบิน



7.Reversing : ก็คือ ใบพัดชนิดความเร็วรอบคงที่ แต่สามารถที่ จะบังคับให้มุมของใบพัด อยู่ในตำแหน่ง negative เพื่อทำให้เกิดแรงถอยหลัง เมื่อมุมของ ใบพัดอยู่ในตำแหน่ง reversed กลีบใบพัดก็จะ หมุนไปต่ำกว่ามุมที่เป็น **บวก** จนกระทั่ง เป็น **มุมลบ** เพื่อให้ได้มาซึ่ง Negative Thrust นั่นเอง Reverse Thrust โดยปกติจะใช้กับเครื่องบิน ขนาดใหญ่ในขณะที่ลงจอด เพื่อลดระยะทางในการวิ่งขณะลงจอด

8.Beta Control : คือใบพัด ที่อนุญาตให้นักบินสามารถ ปรับตำแหน่งมุมของใบพัด ได้มากกว่าตำแหน่ง limit ปกติ (Normal Low Pitch Stop) ซึ่งโดยปกติจะใช้ เวลา taxiing ในเครื่องที่ Thrust สามารถควบคุมด้วยการปรับมุมของใบพัด ที่คันบังคับ power

2002 Thai Technics.Com All Rights Reserved

TYPE OF AIRCRAFT PROPELLERS

Type of propellers

In designing propellers, the maximum performance of the airplane for all condition of operation from takeoff, climb, cruising, and high speed. The propellers may be classified under eight general types as follows:

1. **Fixed pitch:** The propeller is made in one piece. Only one pitch setting is possible and is usually two blades propeller and is often made of wood or metal.

Wooden Propellers : Wooden propellers were used almost exclusively on personal and business aircraft prior to World War II .A wood propeller is not cut from a solid block but is built up of a number of seperate layers of carefully selected .any types of wood have been used in making propellers, but the most satisfactory are yellow birch, sugar mable, black cherry, and black walnut. The use of lamination of wood will reduce the tendency for propeller to warp. For standard one-piece wood propellers, from five to nine seperate wood laminations about 3/4 in. thick are used.

Metal Propellers : During 1940 , solid steel propellers were made for military use. Modern propellers are fabricated from high-strength , heat-treated,aluminum alloy by forging a single bar of aluminum alloy to the required shape. Metal propellers is now extensively used in the construction of propellers for all type of aircraft. The general appearance of the metal propeller is similar to the wood propeller, except that the sections are generally thinner.

2. **Ground adjustable pitch:** The pitch setting can be adjusted only with tools on the ground before the engine is running. This type of propellers usually has a split hub. The blade angle is specified by the aircraft specifications. The adjustable - pitch feature permits compensation for the location of the flying field at various altitudes and also for variations in the characteristics of airplanes

using the same engine. Setting the blade angles by loosened the clamps and the blade is rotated to the desired angle and then tighten the clamps.

3. **Two-position** : A propeller which can have its pitch changed from one position to one other angle by the pilot while in flight.

4. **Controllable pitch:** The pilot can change the pitch of the propeller in flight or while operating the engine by mean of a pitch changing mechanism that may be operated by hydraulically.

5. **Constant speed** : The constant speed propeller utilizes a hydraulically or electrically operated pitch changing mechanism which is controlled by governor. The setting of the governor is adjusted by the pilot with the rpm lever in the cockpit. During operation, the constant speed propeller will automatically changs its blade angle to maintain a constant engine speed. If engine power is increase, the blade angle is increased to make the propeller absorb the additional power while the rpm remain constant. At the other position, if the engine power is decreased, the blade angle will decrease to make the blades take less bite of air to keep engine rpm remain constant. The pilot select the engine speed required for any particular type of operation.

6. **Full Feathering** : A constant speed propeller which has the ability to turn edge to the wind and thereby eliminate drag and windmilling in the event of engine failure. The term Feathering refers to the operation of rotating the blades of the propeller to the wind position for the purpose of stopping the rotation of the propeller to reduce drag. Therefore , a Feathered blade is in an approximate in-line-of-flight position , streamlined with the line of flight (turned the blades to a very high pitch). Feathering is necessary when the engine fails or when it is desirable to shutoff an engine in flight.

7. **Reversing** : A constant speed propeller which has the ability to assume a negative blade angle and produce a reversing thrust. When propellers are reversed, their blades are rotated below their positive angle , that is, through flat pitch, until a negative blade angle is obtained in order to produce a thrust acting in the opposite direction to the forward thrust . Reverse propeller thrust is used where a large aircraft is landed, in reducing the length of landing run.

8.Beta Control : A propeller which allows the manual repositioning of the propeller blade angle beyond the normal low pitch stop. Used most often in taxiing, where thrust is manually controlled by adjusting blade angle with the power lever.

2002 Thai Technics.Com All Rights Reserved

AIRCRAFT PROPELLER CONTROL AND OPERATION

(page 1 2 3)

Control and Operation (page 1)

Propeller Control

basic requirement : ขณะทำการบิน ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ที่มีความต้องการ จะอยู่ในช่วงแคบๆ ระหว่างทำการบิน อุปกรณ์ตรวจจับความเร็วของใบพัดก็คือ Governor ซึ่งเป็นตัวควบคุม และบังคับ มุมของใบพัดอย่างอัตโนมัติตามต้องการ เพื่อรักษาความเร็วรอบของเครื่องยนต์ให้คงที่ ตามที่ต้องการของนักบิน

มีอยู่สามตัวแปรที่ทำให้ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลง ขณะทำการบิน สามสิ่งนั้นได้แก่ **กำลังเครื่องยนต์, ความเร็วลม, และความหนาแน่นของอากาศ** ถ้าหากต้องการให้รอบเครื่องยนต์คงที่ มุมของใบพัดจำเป็นต้องปรับเปลี่ยน โดยตรงไปตามกำลังเครื่องยนต์ เช่น กำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น มุมของใบพัดก็ต้องปรับเพิ่มขึ้นด้วย ใบพัดต้องปรับเปลี่ยนมุม โดยตรงกับความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงไป และใบพัดต้องปรับเปลี่ยนมุมเป็นไปตรงกันข้าม กับความหนาแน่นของอากาศอุปกรณ์ Governor ของใบพัดจะช่วยให้ใบพัดปรับเปลี่ยนมุม ของตัวเองโดยอัตโนมัติ ขณะที่เปลี่ยนแปลงกำลังของเครื่องยนต์ไปเป็น Thrust

Fundamental Forces : มีแรงอยู่สามแรงที่ใช้ในการในการควบคุม มุมของใบพัด แรงทั้งสามนั้นคือ :

1. Centrifugal twisting moment, แรงหนีศูนย์กลาง ที่กระทำต่อใบพัดที่กำลังหมุน จะพยายามที่จะทำให้ใบพัดปรับเข้าหา low pitch **หรือ มุมต่ำ**ตลอดเวลา

2. Oil at engine pressure แรงดันจากน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์**ที่**ไหลเข้าไปทางด้านนอกของลูกสูบ ก็จะช่วยแรงหนีศูนย์กลาง ที่กล่าวข้างต้นดันให้ใบพัด เข้าหา low pitch **หรือ มุมต่ำ**

3. Propeller Governor oil น้ำมันที่มาจาก Governor จะไหลเข้าทางด้านในของลูกสูบน้ำมันนี้ จะตรงกันข้ามกับ แรงทั้งสองที่กล่าวข้างต้น และจะเคลื่อนใบพัดเข้าหา high pitch **หรือ มุมสูง**

Counterweight assembly (สำหรับใบพัดแบบ ที่มีตุ้มน้ำหนัก) ตุ้มน้ำหนักที่ ติดอยู่กับใบพัด แรงหนีศูนย์กลาง หรือแรงเหวี่ยงของตุ้มน้ำหนักนี้จะพยายาม เคลื่อนใบพัดเข้าหา high pitch **หรือ มุมสูง**

Constant Speed, Counterweight Propellers

ใบพัดแบบที่มีตุ้มน้ำหนัก อาจจะใช้เป็นแบบ ควบคุมได้ หรือเป็นแบบ ความเร็วรอบคงที่ก็ได้สำหรับใบพัดแบบที่มีลูกตุ้มน้ำหนัก และใช้ Hydraulic ด้วยนั้น ประกอบด้วย ชุด HUB ชุดใบพัด ชุดลูกสูบ และชุดตุ้มน้ำหนัก

The counterweight assembly ชุดตุ้มน้ำหนัก จะติดตั้งอยู่ที่ใบพัดทุกกลีบ และเคลื่อนที่ไปพร้อมๆ กับใบพัด แรงหนีศูนย์ หรือแรงเหวี่ยงที่เกิดกับตุ้มน้ำหนัก จะพยายามเคลื่อนใบพัดเข้าหา มุมสูงตลอดเวลา แรงที่เกิดจากตุ้มน้ำหนักนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของใบพัดแต่ใบพัด ก็มี limit stop ซึ่งสามารถปรับให้สูง หรือ ต่ำได้

Controllable : ใบพัดแบบควบคุมได้ นักบินจะเลือกใบพัดได้สองตำแหน่ง คือ มุมสูง หรือมุมต่ำ โดยผ่าน two – way valve ซึ่ง อนุญาตให้แรงดันจากน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ไหลเข้าไป หรืออนุญาตให้ไหลออกจากใบพัด

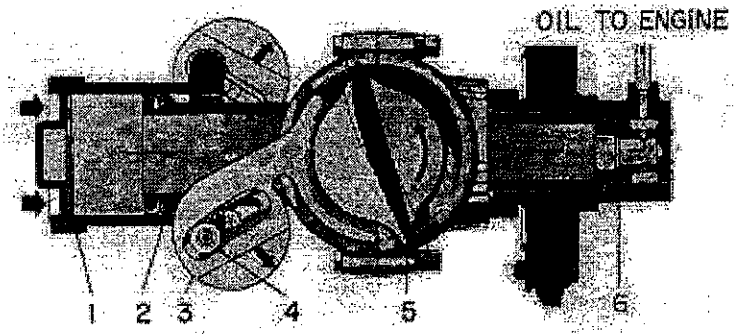
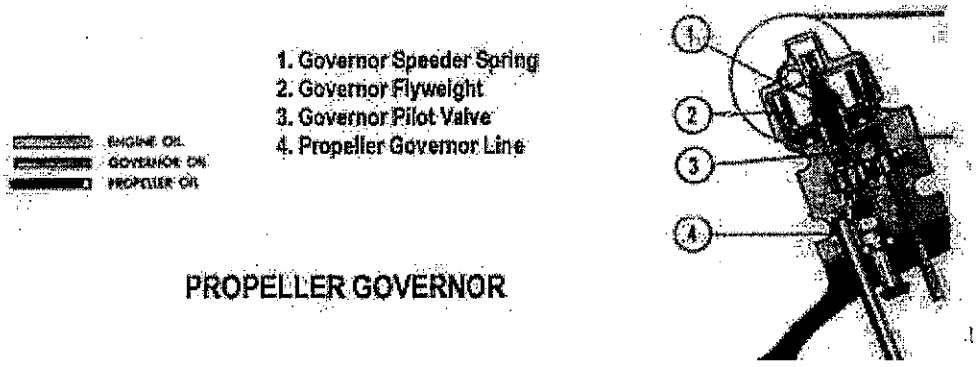


Diagram of Controllable Two Position Pitch Mechanism

(1) Propeller cylinder, (2) propeller piston, (3) propeller counterweight and bracket, (4) propeller counterweight shaft and bearing, (5) propeller blade, (6) engine propeller shaft.

Constant Speed : ใบพัดแบบ รักษารอบคงที่ ซึ่งมี governor ที่หมุนโดยเครื่องยนต์ ใบพัดและเครื่องยนต์ก็จะ รักษารอบให้คงที่ได้ ตามที่นักบินต้องการ แต่ต้องอยู่ใน limit ที่กำหนด



PROPELLER GOVERNOR

Governor Operation (Constant speed with counterweight) Governor ทำงานโดยการจ่าย และควบคุมน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลไป และไหลกลับจากใบพัด Governor นี้จะถูกหมุนด้วยเครื่องยนต์ และเอาน้ำมัน

หล่อลื่นของเครื่องยนต์ นั่นเอง มาผ่าน pump ของตัวเองเพื่อเพิ่มแรงดันขึ้น ตามต้องการเพื่อใช้ในการเคลื่อนกลไกปรับแต่งมุม ของใบพัด ประกอบด้วย :

1. A gear pump เพื่อเพิ่มแรงดัน ของน้ำมันหล่อลื่นให้ได้ตามความต้องการในการใช้ปรับมุมของใบพัด

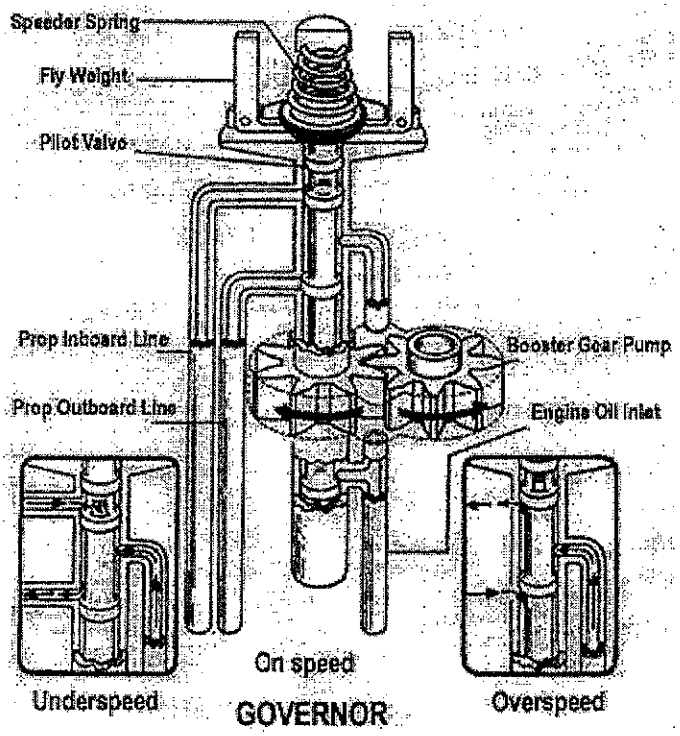
2. A relief valve เพื่อควบคุมแรงดันของ Governor ไม่ให้สูงเกินความต้องการ

3. A pilot valve จะเคลื่อนไหวตาม Governor Flyweight เป็นตัว ควบคุมช่องทางที่ให้ น้ำมันหล่อลื่นผ่านเพื่อไป ปรับแต่งมุม ของใบพัด

4. The speeder spring เป็น load หรือแรงที่ใส่ให้กับ pilot valve ซึ่ง แรงนี้สามารถเพิ่มได้โดยนักบินโดยผ่านเฟืองและรอก แรงจาก speeder spring นี้ จะตรงข้ามกับแรงของ governor flyweight

The governor maintains the required balance between all three control forces by metering to, or drain from, the inboard side of the propeller piston to maintain the propeller blade angle for constant speed operation.

Governor ทำงานโดย flyweights ที่ทำหน้าที่ควบคุมตำแหน่งของ pilot valve เมื่อ ความเร็วรอบ ของใบพัดต่ำกว่าที่ governor ตั้งไว้ โดยนักบินตั้งค่าผ่าน speeder spring เมื่อ governor flyweight เคลื่อนหุบเข้าในเนื่องจากรอบต่ำลง แรงเหวี่ยง หรือแรงหนีศูนย์กลางก็ลดลง ความเร็วรอบของใบพัดสูงกว่าค่าที่นักบิน ตั้งไว้ Governor Flyweight ก็จะเคลื่อนที่แบะออก เนื่องจากแรงเหวี่ยงเพิ่มขึ้น เพราะความเร็วรอบสูงขึ้น แรงนี้ก็จะดันแรงจาก speeder spring ขึ้นไป ในระหว่างที่ flyweight เคลื่อนที่หุบเข้า หรือ แบะออกนี้ pilot valve ก็จะเคลื่อนที่ เพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นเข้าไป ในชุดลูกสูบของใบพัด โดยผ่านทาง engine propeller shaft.



Principles of Operation (Constant Speed with Counterweight Propellers)

การเปลี่ยนมุมของใบพัด โดยทั่วๆ สำหรับ ใบพัดแบบรอบคงที่และมี ลูกตุ้มน้ำหนักเกิดจากการกระทำ

ของแรงสองแรง โดยแรงแรก เกิดจาก hydraulic และอีกแรงก็คือ mechanical.

1. ชุดลูกสูบจะเคลื่อนที่โดย น้ำมันหล่อลื่น ซึ่งแรงนี้จะตรงข้ามกับแรงเหวี่ยง หรือแรงหนีศูนย์กลาง ของลูกตุ้มน้ำหนัก น้ำมันหล่อลื่นนี้ จะ เคลื่อนตุ้มน้ำหนัก และใบพัด เข้าหาตำแหน่ง low angle **หรือ มุมต่ำ**

2.เมื่อน้ำมันหล่อลื่น ไหลออกจากชุดลูกสูบ แรงเหวี่ยง หรือ แรงหนีศูนย์กลาง ของตุ้มน้ำหนัก ก็จะเคลื่อนเข้าหาตำแหน่ง high angle **หรือ มุมสูง**

3. การรักษา ความเร็วรอบคงที่ ควบคุมโดย governor ที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์

Continue on Propeller Control and Operation Page 2

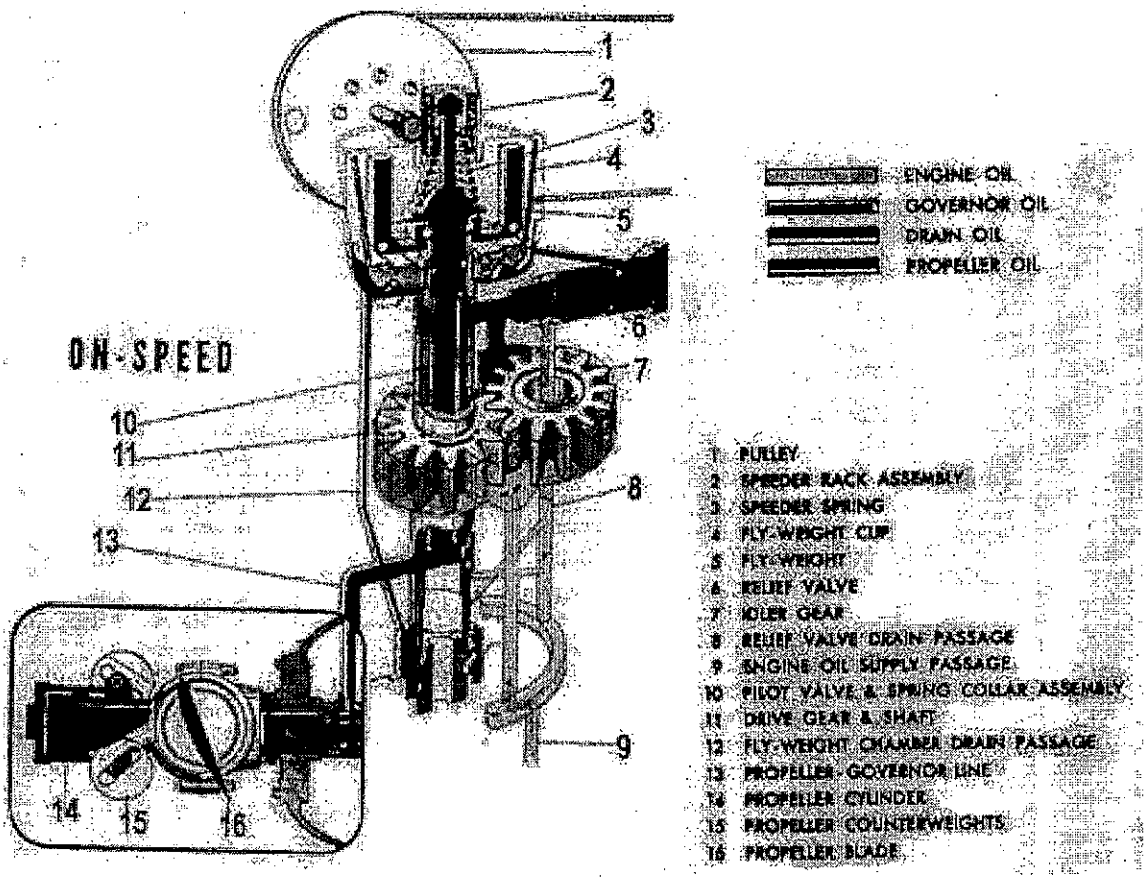
2002 Thai Technics.Com All Rights Reserved

Control and Operation (page 2)

Governor Operation Condition

On-Speed Condition

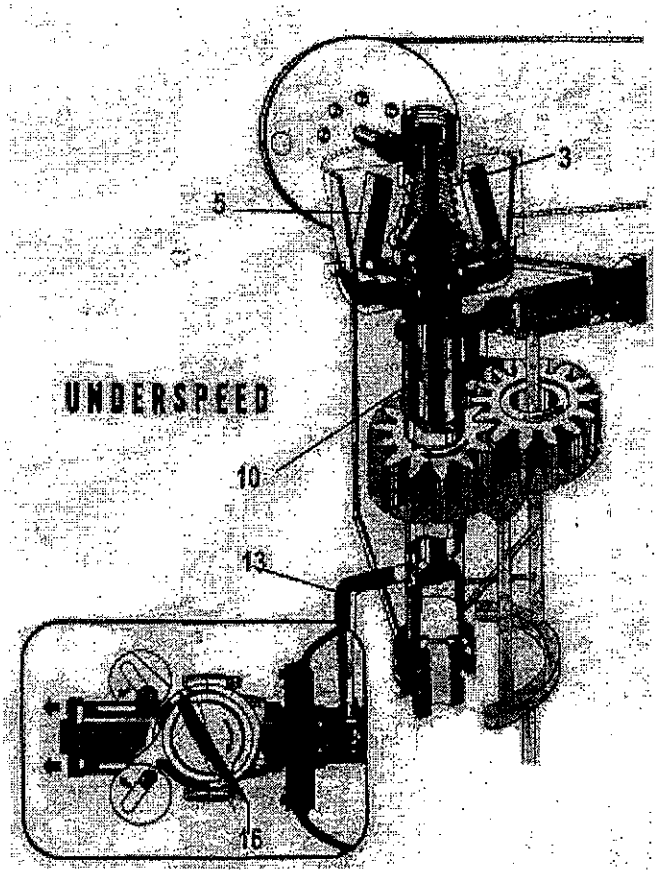
ลักษณะความเร็วรอบ ได้ตามที่ตั้งไว้ ก็คือใบพัด หมุนด้วยความเร็วรอบ คงที่อยู่แล้ว ลักษณะเช่นนี้แสดงว่า แรงของ flyweight (5) ที่ตัว governor สมดุลย์กับแรงของ speeder spring (3) บน pilot valve (10) และปิดช่องทางการไหล ของท่อ (13) ที่ต่อไปยังใบพัด ป้องกันไม่ให้ oil ไหลเข้า หรือออกจากใบพัด



แรงดันของ oil ส่วนที่เกินจาก pumpที่ Governor จะถูกปล่อยออกที่ relief valve (6) เนื่องจาก แรงจาก ตุ้มน้ำหนัก ที่ใบพัด (15) ทำให้ใบพัด เคลื่อนที่เข้าหา มุมสูง สมดุลย์กับ แรงดันจาก oil ภายในลูกสูบ (14) จึงทำให้ใบพัดอยู่กับที่ และมุมก็จะไม่เปลี่ยนแปลง

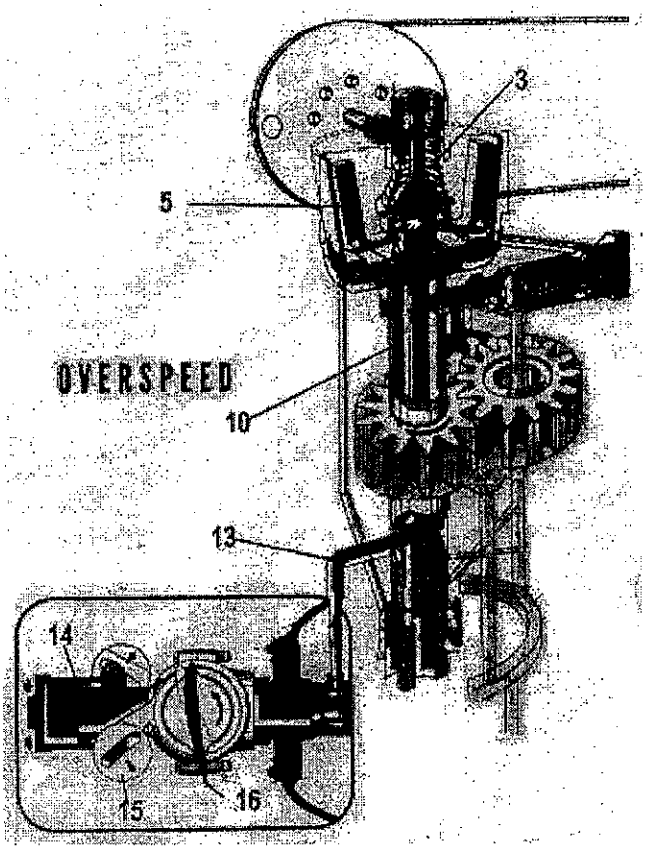
Under-Speed Condition

ลักษณะความเร็วรอบ ต่ำกว่าที่ตั้งไว้เกิดเนื่องจาก ความเร็ว รอบเครื่องยนต์หรือความเร็ว รอบใบพัดต่ำกว่าความเร็วรอบ ที่นักบินตั้งค่าไว้ หรือต่ำกว่าค่าที่ Governor ถูกกำหนดค่าไว้ เมื่อแรงจาก flyweight (5) น้อยกว่าค่าแรงของ speeder spring (3) ดังนั้น pilot valve (10) ก็จะถูกกดลง oil จาก pump ก็จะไหลผ่านท่อ (13) ไปยังใบพัด แรงจาก oil นี้ ก็จะทำให้เสื้อสูบ (14) เคลื่อนที่ออกไป และใบพัด (16) ก็จะหมุนเข้าหาตำแหน่ง lower pitch หรือมุมต่ำ ซึ่งก็ทำให้เพิ่ม ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แรงที่เกิดจาก flyweight ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ก็จะทำให้เกิด สมดุลย์ กับแรงของ speeder spring และ pilot valve ก็จะขยับขึ้น Governor ก็จะกลับมาอยู่ในตำแหน่ง on-speed condition อีกครั้งหนึ่ง ก็จะทำให้ ความเร็วรอบคงที่



Over-Speed Condition

ลักษณะความเร็วรอบเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ อาจจะเกิดเนื่องจากความสูงของเครื่องบินเปลี่ยนไป หรือกำลังเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น หรือความเร็วรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และ Governor ก็พยายามจะเคลื่อนไปในตำแหน่งที่จะลดความเร็วรอบ ลักษณะเช่นนี้แรงเนื่องจาก flyweight (5) มากกว่า แรงของ speeder spring (3) และก็จะยก pilot valve (10) ซึ่งก็จะเป็นการเปิด ช่องท่อ (13) เพื่อปล่อยให้ oil จากชุดลูกสูบ (14) ไหลออก แรงจากตุ้มน้ำหนัก (15) ที่กลีบใบพัดก็จะหมุนใบพัดเข้าหา ตำแหน่งมุมสูง higher pitch ด้วยใบพัดที่มีมุมสูงขึ้น ก็ต้องใช้กำลัง จากเครื่องยนต์มากขึ้นที่จะไปหมุนใบพัด ก็เป็นการทำให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์หมุนช้าลง เมื่อความเร็วรอบช้าลง แรงที่เกิดที่ flyweight ก็จะลดลง และทำให้แรงเกิดการสมดุลย์ กับแรงของ speeder spring โอกาศเดียวกัน pilot valve ก็จะลดระดับต่ำลงทำให้ Governor อยู่ในตำแหน่ง on-speed condition ซึ่งก็จะรักษา ความเร็วรอบให้คงที่



Flight Operation

นี่เป็นเพียงแนวทาง เพื่อให้เกิดความเข้าใจ หนังสือคู่มือ ของบริษัท ผู้สร้างเครื่องยนต์ และ บริษัทผู้สร้าง เครื่องบิน ควรใช้เป็นแนวทาง สำหรับ เครื่องบิน และ เครื่องยนต์ แต่ละแบบ แต่ละชนิด

Takeoff : นำคันบังคับ governor หรือ ใบพัดไปในตำแหน่งข้างหน้าสุด ในตำแหน่งนี้ เป็นการตั้งค่า หรือ กำหนด ค่ามุมของใบพัดให้ อยู่ในตำแหน่งมุมต่ำ (low pitch angle) หรือรอบเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้น จนถึงตำแหน่ง ใช้ในการวิ่งขึ้น (takeoff r.p.m.) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ Governor ถูกตั้งค่าไว้ จากค่านี้ ความเร็วรอบจะอยู่คงที่ โดย Governor นั่นหมายถึง กำลังสูงสุดที่จะใช้ มีให้ ระหว่างการวิ่งขึ้น และ ไต่ระดับ

Cruising : เมื่อได้ระดับ และค่าความเร็วรอบ ได้กำหนดขึ้นมาใหม่ให้เหมาะสมกับสภาพการบิน ค่าความเร็วรอบนี้ก็จะคงที่ โดย governor ไม่ว่าจะเปลี่ยนท่าการบิน หรือระดับความสูง หรือเปลี่ยนแปลง กำลังของเครื่องยนต์ ตราบใดที่ใบพัดยังไม่สุดที่ค่า pitch limit stop.

Power Descent : การลดระดับการบิน เมื่อความเร็วของ เครื่องบินเพิ่มขึ้น governor ก็จะปรับใบพัดไปใน ตำแหน่งที่มีมุมสูงขึ้น เพื่อที่จะ รักษา ความเร็วรอบให้อยู่ตามที่ตั้งค่าไว้

Approach and Landing : เข้าหาสนามบิน เพื่อลงจะตั้งค่า governor ไปที่ความเร็วรอบสูงสุด สำหรับการบินระดับ (maximum cruising r.p.m.) ในระหว่าง approach ระหว่าง ร่อนลง ให้ตั้งค่า governor ไปที่ความเร็วรอบสูงสุด (high r.p.m.) ตำแหน่งนี้ เป็นการตั้งค่ามุมของใบพัด ไปในตำแหน่งต่ำสุด (full low pitch angle)

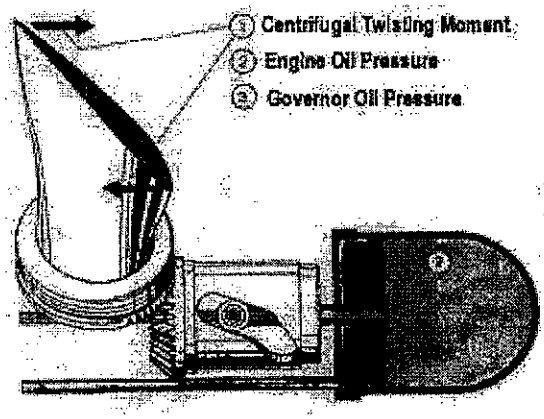
Hydromatic Propellers ..... next page

Back to previous page

Control and Operation (page 3)

Hydromatic Propellers

Basic Operation Principles : การเปลี่ยนมุมใบพัด ของระบบ hydromatic propeller เป็นแบบ mechanical-hydraulic ซึ่งแรงที่ได้จาก hydraulic กระทำบนลูกสูบ จะถ่ายแรงไปในรูป ของ mechanical ที่มีต่อ ใบพัด

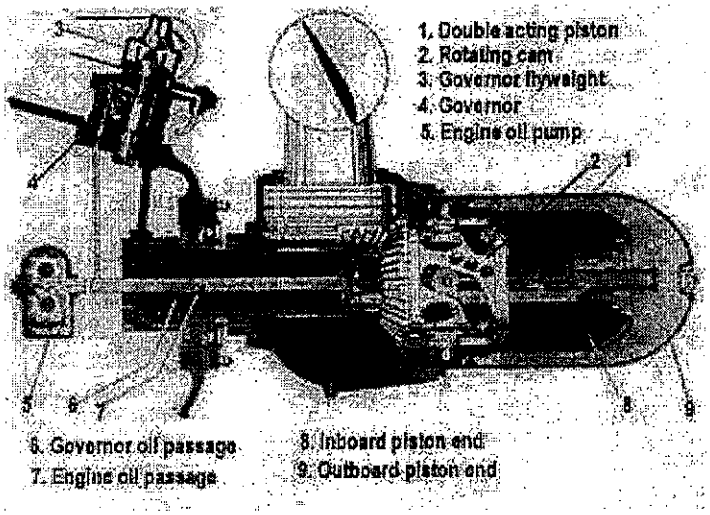


การเคลื่อนที่ของลูกสูบ เป็นเหตุให้เกิดการหมุนของ cam ที่มี bevel gear (Hamilton Standard Propeller) ติดอยู่ แรงจาก oil ที่กระทำบนลูกสูบนั้น ถูกควบคุม โดย governor

Single Acting Propeller: การ control ใบพัด แบบนี้ Governor จ่าย น้ำมันโดยตรงจาก pump ของตัวเอง ไปยังด้านในของลูกสูบ อย่างเดียว Single Acting Propeller ก็จะใช้ Governor แบบ Single Acting Governor การ control ใบพัดประเภทนี้ จะใช้แรงอยู่สามแรง ในการรักษาความเร็วรอบให้คงที่ ได้แก่ แรงบิดหนีศูนย์กลาง (blades centrifugal twisting moment) แรงนี้ จะพยายามทำให้ใบพัด เคลื่อนที่เข้าหามุมต่ำ low pitch ตลอดเวลา oil จากเครื่องยนต์ (Engine Oil) จะกระทำต่อด้านนอกของลูกสูบ และแรงจาก oil ที่มาจากเครื่องยนต์ โดยตรงนี้จะช่วย หรือร่วมกับแรงที่เกิดจาก (twisting moment) คือจะเคลื่อนใบพัดไปในตำแหน่ง

มุมต่ำ low pitch และ oil จาก Governor Pump จะกระทำต่อลูกสูบด้านใน oil จาก Governor จะมีแรงดันสูงกว่า และแรงนี้ ควบคุมโดยจ่ายเข้าไปยังด้านในของลูกสูบ หรือปล่อยออกเพื่อให้สมดุลย์ กับแรงจาก engine oil ที่กระทำที่ด้านนอก ของลูกสูบ และแรงบิดหนีศูนย์ (centrifugal twisting moment)

Double Acting Propeller: การ control ใบพัดแบบนี้ Governor จะจ่าย oil ให้กับลูกสูบทั้งสองด้าน ครั้งละหนึ่งด้าน แล้วแต่ว่าด้านใดต้องการ Double acting propeller จะใช้ Governor แบบ double acting governor การ control ใบพัดประเภทนี้ Pump ของ Governor จะจ่าย output ไปยังลูกสูบ



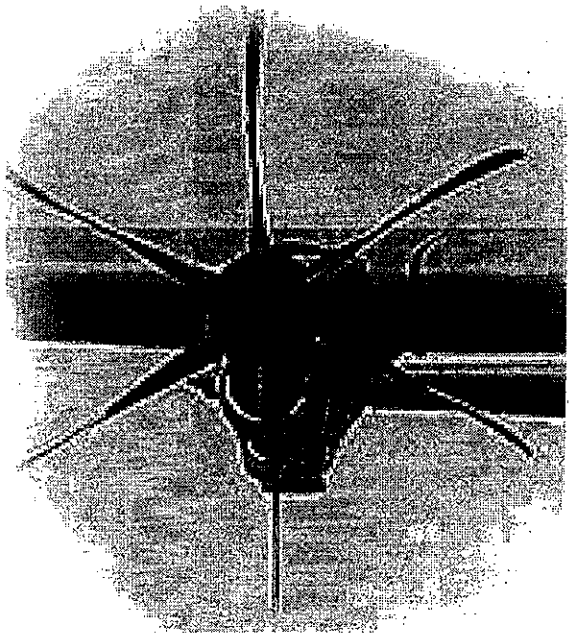
Principle Operation of Double Acting :

Overspeed Condition : เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เพิ่มขึ้นมากกว่า ที่ตั้งค่าไว้ engine oil ก็จะเพิ่มแรงดัน โดย pump ของ governor จะจ่ายไปยังด้านในของลูกสูบ ลูกสูบและ rollers เคลื่อนที่ไปข้างหน้า เมื่อลูกสูบ เคลื่อนที่ไปข้างหน้า cam and rollers ก็จะทำให้ใบพัดเคลื่อนที่เข้าหา higher angle หรือมุมสูง ก็จะทำให้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ลดลง

Underspeed Condition : เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ลดลงต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ แรงที่ flyweight ก็จะลดลง ทำให้แรงจาก speeder spring กด pilot vaive ให้ต่ำลง และเปิดทางผ่านให้ oil จากลูกสูบด้านในไหลออกผ่านทาง governor เมื่อ oil จากด้านในของลูกสูบไหลออก ในขณะเดียวกัน engine oil ก็ไหลผ่าน shaft เข้าไปที่ด้านนอกของลูกสูบ และเมื่อรวมกับแรงอันเนื่องจาก แรงบิดหนีศูนย์กลาง (blade centrifugal twisting moment) engine oil ที่เข้าไปทางด้านนอกของลูกสูบ จะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าข้างใน การเคลื่อนที่ของลูกสูบเข้าในพร้อมด้วย cam and rollers ทำให้ใบพัดเคลื่อนเข้าหา lower angle หรือมุมต่ำ

The Feathering System

Feathering : สำหรับบางชนิด พื้นฐานประกอบไปด้วย feathering pump, reservoir, a feathering time-delay switch, and a propeller feathering light. ใบพัดจะอยู่ในตำแหน่ง feathered โดยการเลื่อยคันบังคับในห้องนักบิน ไปยังตำแหน่ง low speed stop และจะทำให้ pilot valve ถูกยกขึ้น ทำให้ใบพัดอยู่ในตำแหน่ง decrease r.p.m. หรือ ความเร็วรอบต่ำสุด โดยไม่สนว่า governor flyweights จะอยู่ในตำแหน่งใด และตำแหน่งนี้ ใบพัดก็จะอยู่ในตำแหน่ง high pitch ไปถึงตำแหน่ง feathering position.



และในบางชนิด เริ่มด้วยการ กดปุ่ม feathering เมื่อกดปุ่มนี้แล้ว จะทำให้ auxiliary pump, feather solinoid, ซึ่ง จะทำให้ตำแหน่งของ feathering valve สามารถที่จะจ่าย oil เพื่อไป feathering ใบพัด เมื่อใบพัด อยู่ในตำแหน่ง feathered เต็มที่ oil pressure ก็จะเพิ่มขึ้นมากจนสามารถไปตัด pressure switch ซึ่งทำให้ auxiliary – pump หยุด run บางครั้ง Feathering อาจจะทำโดย ดึง handle ที่ใช้ดับเครื่องยนต์ฉุกเฉิน หรือสวิทส์ไปตำแหน่ง shutdown

Unfeathering : ในบางชนิด ทำงานโดย ดึงปุ่มสวิทส์ feathering ค้างไว้ประมาณ 2 วินาที วิธีนี้จะสร้างลักษณะ underspeed condition เทียม ให้กับ governor และเป็นเหตุให้แรงดันสูงของ oil จาก feathering - pump จ่ายไปยังด้านหลัง หรือด้านนอกของลูกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้าในด้วยระยะสั้นๆ ใบพัดก็มีมุมเพียงพอที่จะหมุนเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์หมุน ปุ่ม un-feathering switch ก็สามารถที่จะปล่อยได้ และ governor ก็จะทำหน้าที่ของตัวเอง

and Operation (page 1)

Propeller Control

basic requirement : For flight operation, an engine is demanded to deliver power within a relatively narrow band of operating rotation speeds. During flight, the speed-sensitive governor of the propeller automatically controls the blade angle as required to maintain a constant r.p.m. of the engine.

Three factors tend to vary the r.p.m. of the engine during operation. These factors are power, airspeed, and air density. If the r.p.m. is to maintain constant, the blade angle must vary directly with power, directly with airspeed, and inversely with air density. The speed-sensitive governor provides the means by which the propeller can adjust itself automatically to varying power and flight conditions while converting the power to thrust.

Fundamental Forces : Three fundamental forces are used to control blade angle . These forces are:

1. Centrifugal twisting moment, centrifugal force acting on a rotating blade which tends at all times to move the blade into low pitch.

2. Oil at engine pressure on the outboard piston side, which supplements the centrifugal twisting moment toward low pitch.

3. Propeller Governor oil on the inboard piston side, which balances the first two forces and move the blades toward high pitch

Counterweight assembly (this is only for counterweight propeller) which attached to the blades , the centrifugal forces of the counterweight will move the blades to high pitch setting

Constant Speed, Counterweight Propellers

The Counterweight type propeller may be used to operate either as a controllable or constant speed propeller. The hydraulic counterweight propeller consists of a hub assembly, blade assembly, cylinder assembly, and counterweight assembly.

The counterweight assembly on the propeller is attached to the blades and moves with them. The centrifugal forces obtained from rotating counterweights move the blades to high angle setting. The centrifugal force of the counterweight assembly is depended on the rotational speed of the propellers r.p.m. The propeller blades have a definite range of angular motion by an adjusting for high and low angle on the counterweight brackets.

Controllable : the operator will select either low blade angle or high blade angle by two-way valve which permits engine oil to flow into or drain from the propeller.

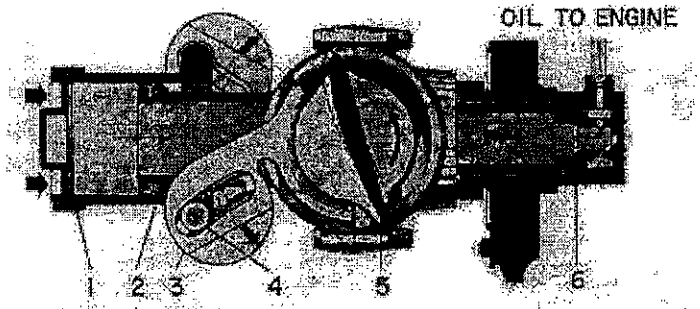
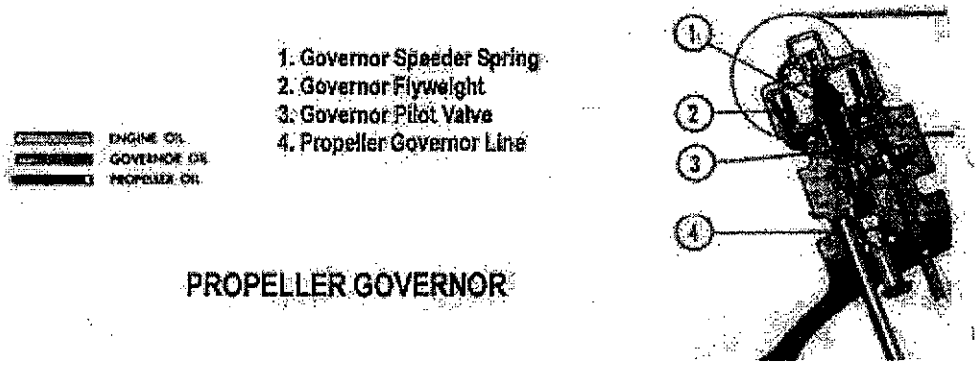


Diagram of Controllable Two Position Pitch Mechanism

(1) Propeller cylinder, (2) propeller piston, (3) propeller counterweight and bracket, (4) propeller counterweight shaft and bearing, (5) propeller blade, (6) engine propeller shaft.

Constant Speed : If an engine driven governor is used, the propeller will operate as a constant. speed. The propeller and engine speed will be maintained constant at any r.p.m. setting within the operating range of the propeller.



PROPELLER GOVERNOR

Governor Operation (Constant speed with counterweight) the Governor supplies and controls the flow of oil to and from the propeller. The engine driven governor receives oil from the engine lubricating system and boost its pressure to that required to operate the pitch-changing mechanism. It consists essentially of :

1. A gear pump to increase the pressure of the engine oil to the pressure required for propeller operation.

2. A relief valve system which regulates the operating pressure in the governor.

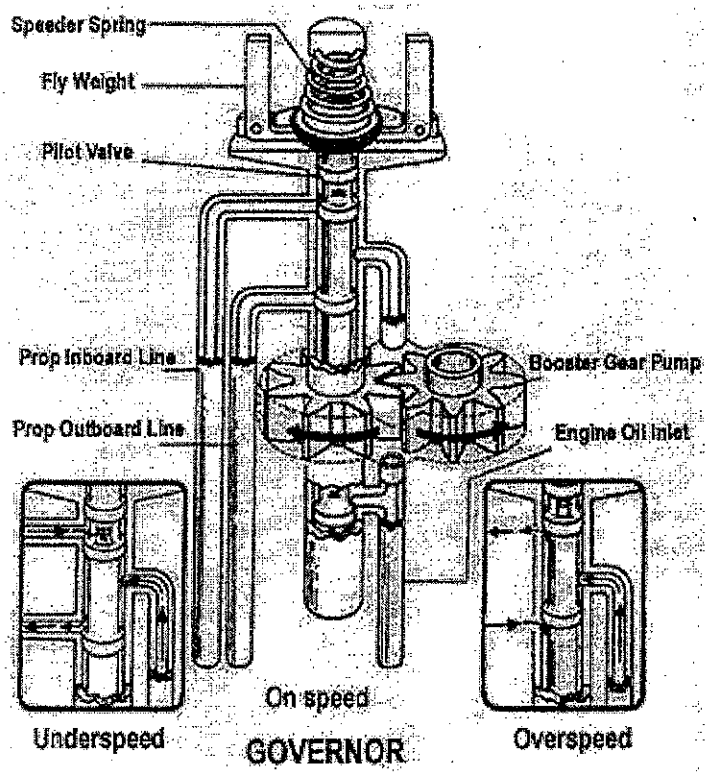
3. A pilot valve actuated by flyweights which control the flow of oil through the governor

4. The speeder spring provides a mean by which the initial load on the pilot valve can be changed through the rack and pulley arrangement which controlled by pilot.

The governor maintains the required balance between all three control forces by metering to, or drain from, the inboard side of the propeller piston to maintain the propeller blade angle for constant speed operation.

The governor operates by means of flyweights which control the position of a pilot valve. When the propeller r.p.m. is below that for which the governor is set through the speeder spring by pilot , the

governor flyweight move inward due to less centrifugal force act on flyweight than compression of speeder spring. If the propeller r.p.m. is higher than setting , the flyweight will move outward due to flyweight has more centrifugal force than compression of speeder spring . During the flyweight moving inward or outward , the pilot valve will move and directs engine oil pressure to the propeller cylinder through the engine propeller shaft.



Principles of Operation (Constant Speed with Counterweight Propellers)

The changes in the blades angle of a typical constant speed with counterweight propellers are accomplished by the action of two forces, one is hydraulic and the other is mechanical.

1. The cylinder is moved by oil flowing into it and opposed by centrifugal force of counterweight. This action moves the counterweight and the blades to rotate toward the low angle positon.

2. When the oil allowed to drain from the cylinder , the centrifugal force of counterweights take effect and the blades are turned toward the high angle position.

3. The constant speed control of the propeller is an engine driven governor of the flyweight type.

AIRCRAFT PROPELLER CONTROL AND OPERATION

(page 1 2 3)

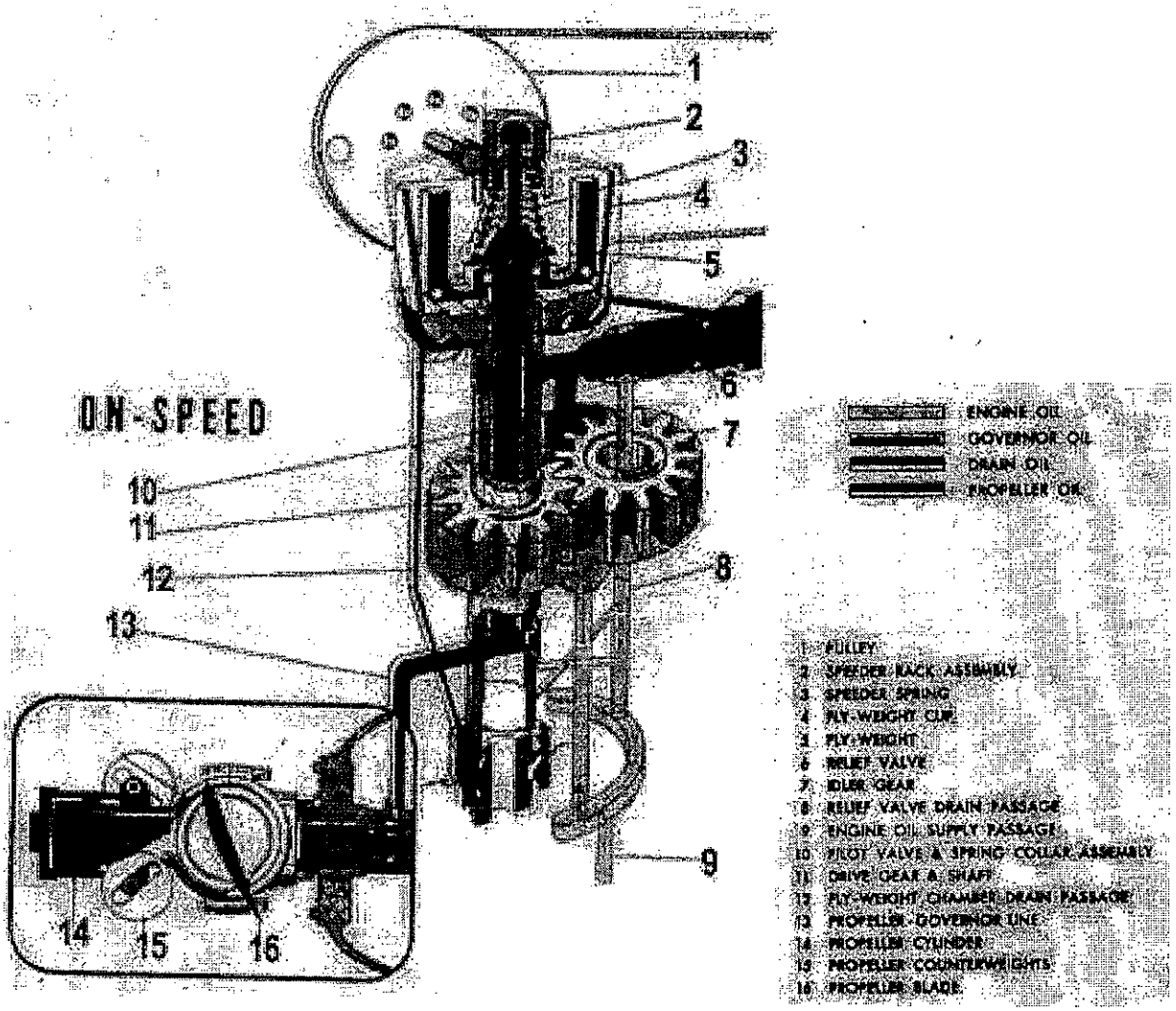
Control and Operation (page 2)

Governor Operation Condition

On-Speed Condition

The on-speed condition exists when the propeller operation speed are constant . In this

condition, the force of the flyweight (5) at the governor just balances the speeder spring (3) force on the pilot valve (10) and shutoff completely the line (13) connecting to the propeller , thus preventing the flow of oil to or from the propeller.

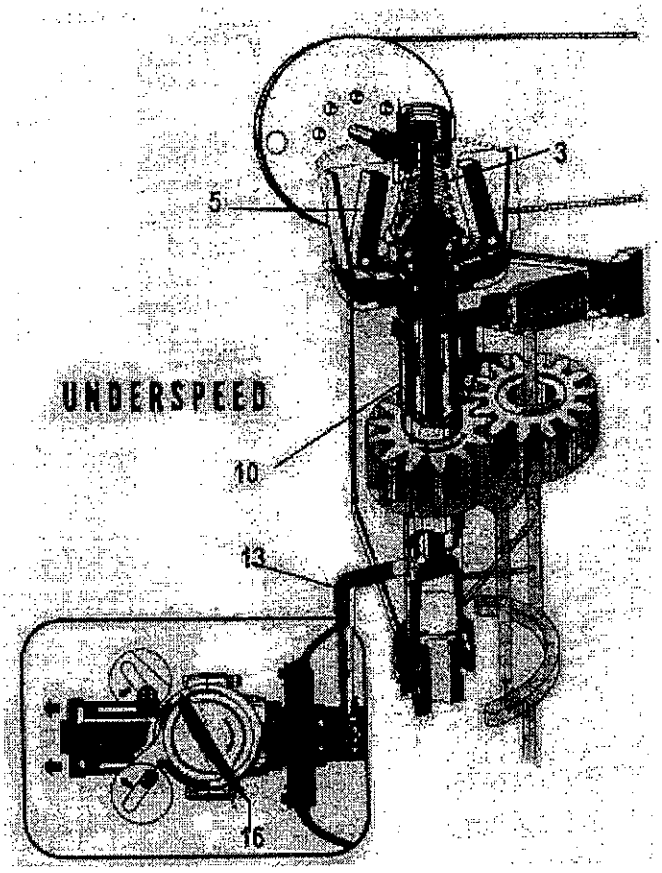


The pressure oil from the pump is relieved through the relief valve (6). Because the propeller counterweight (15) force toward high pitch is balanced by the oil force from cylinder (14) is prevented from moving, and the propeller does not chang pitch

Under-Speed Condition

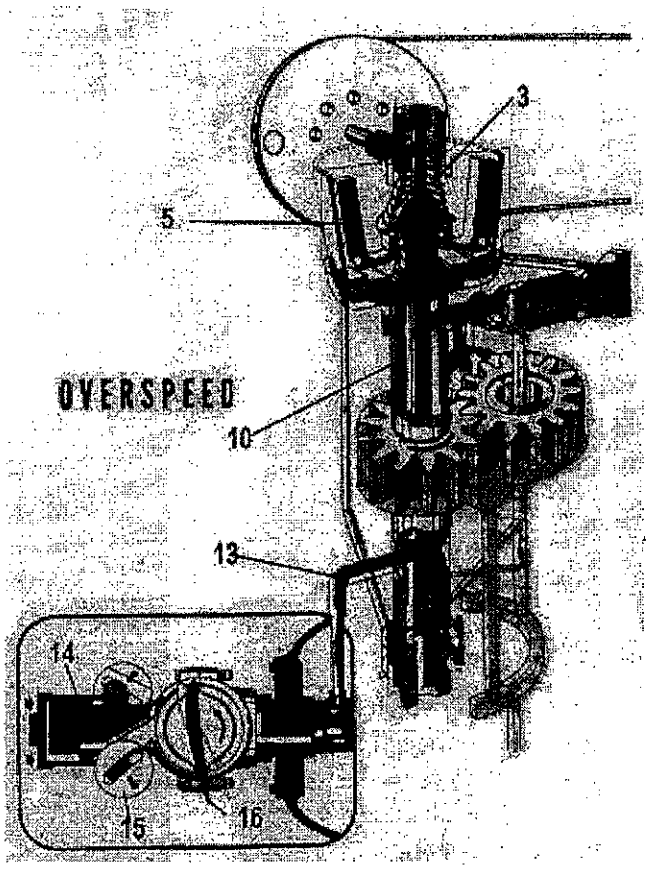
The under-speed condition is the result of change in engine r.p.m. or propeller r.p.m.which the r.p.m. is tend to lower than setting or governor control movement toward a high r.p.m. Since the force of the flyweight (5) is less than the speeder spring (3) force , the pilot valve (10) is forced down. Oil from the booster pump flows through the line (13) to the propeller. This forces the cylinder (14) move outward , and the blades (16) turn to lower pitch, less power is required to turn the propeller which

inturn increase the engine r.p.m. As the speed is increased, the flyweight force is increased also and becomes equal to the speeder spring force. The pilot valve is move up, and the governor resumes its on-speed condition which keep the engine r.p.m. constant.



Over-Speed Condition

The over-speed condition which occurs when the aircraft altitude change or engine power is increased or engine r.p.m. is tend to increase and the governor control is moved towards a lower r.p.m. In this condition, the force of the flyweight (5) overcomes the speeder spring (3) force and raise the pilot valve (10) open the propeller line (13) to drain the oil from the cylinder (14). The counterweight (15) force in the propeller to turn the blades towards a higher pitch. With a higher pitch, more power is required to turn the propeller which inturn slow down the engine r.p.m. As the speed is reduced, the flyweight force is reduced also and becomes equal to the speeder spring force. The pilot valve is lowered, and the governor resumes its on-speed condition which keep the engine r.p.m. constant.



Flight Operation

This is just only guide line for understanding . The engine or aircraft manufacturers' operating manual should be consulted for each particular aircrat.

Takeoff : Placing the governor control in the full forward position . This position is setting the propeller blades to low pitch angle Engine r.p.m. will increase until it reaches the takeoff r.p.m. for which the governor has been set. From this setting , the r.p.m. will be held constant by the governor, which means that full power is available during takeoff and climb.

Cruising : Once the crusing r.p.m. has been set , it will be held constant by the governor. All changes in attitude of the aircraft, altitude, and the engine power can be made without affecting the r.p.m. as long as the blades do not contact the pitch limit stop.

Power Descent : As the airspeed increase during descent, the governor will move the propeller blades to a higher pitch inorder to hold the r.p.m. at the desired value.

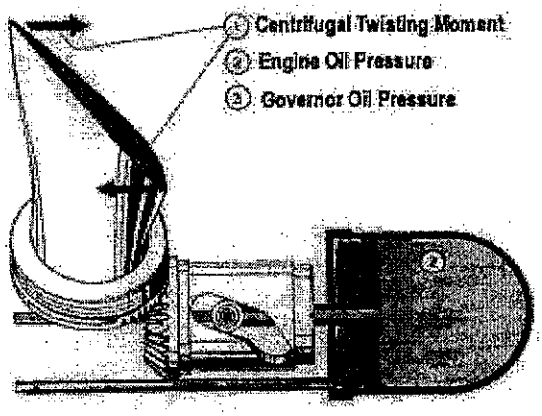
Approach and Landing : Set the governor to its maximum cruising r.p.m. position during approach. During landing, the governor control should be set in the high r.p.m. position and this move the blades to full low pitch angle.

Hydromatic Propellers ..... next page

Control and Operation (page 3)

Hydromatic Propellers

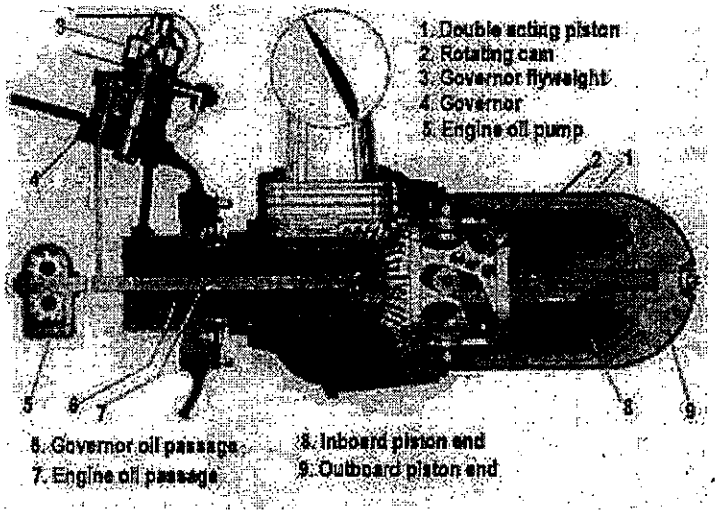
Basic Operation Principles : The pitch changing mechanism of hydromatic propeller is a mechanical-hydraulic system in which hydraulic forces acting upon a piston are transformed into mechanical forces acting upon the blades.



Piston movement causes rotation of cam which incorporates a bevel gear (Hamilton Standard Propeller) . The oil forces which act upon the piston are controled by the governor

Single Acting Propeller: The governor directs its pump output against the inboard side of piston only, A single acting propeller uses a single acting governor. This type of propeller makes use of three forces during constant speed operation , the blades centrifugal twisting moment and this force tends at all times to move the blades toward low pitch , oil at engine pressure applied against the outboard side of the propeller piston and this force to supplement the centrifugal twisting moment toward the low pitch during constant speed operation., and oil from governor pressure applied against the inboard side of the piston . The oil pressure from governor was boosted from the engine oil supply by governor pump and the force is controlled by metering the high pressure oil to or draining it from the inboard side of the propeller piston which balances centrifugal twisting moment and oil at the engine pressure.

Double Acting Propeller: The governor directs its output either side of the piston as the operating condition required. Double acting propeller uses double acting governor. This type of propeller , the governor pump output oil is directed by the governor to either side of the propeller piston.



Principle Operation of Double Acting :

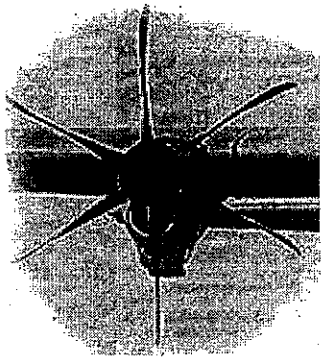
Overspeed Condition : When the engine speed increases above the r.p.m. for which the governor is set . Oil supply is boosted in pressure by the engine driven propeller governor , is directed against the inboard side of the propeller piston. The piston and the attached rollers move outboard. As the piston moves outboard , cam and rollers move the propeller blades toward a higher angle , which inturn, decreases the engine r.p.m.

Underspeed Condition : When the engine speed drops below the r.p.m. for which the governor is set. Force at flyweight is decrease and permit speeder spring to lower pilot valve, thereby open the oil passage allow the oil from inboard side of piston to drain through the governor. As the oil from inboard side is drained , engine oil from engine flows through the propeller shaft into the outboard piston end. With the aid of blade centrifugal twisting moment, The engine oil from outboard moves the piston inboard. The piston motion is transmitted through the cam and rollers . Thus, the blades move to lower angle

The Feathering System

Feathering : For some basic model consists of a feathering pump, reservoir, a feathering time-delay switch, and a propeller feathering light. The propeller is feathered by moving the control in the cockpit against the low speed stop. This causes the pilot valve lift rod in the governor to hold the pilot

valve in the decrease r.p.m. position regardless of the action of the governor flyweights. This causes the propeller blades to rotate through high pitch to the feathering position.



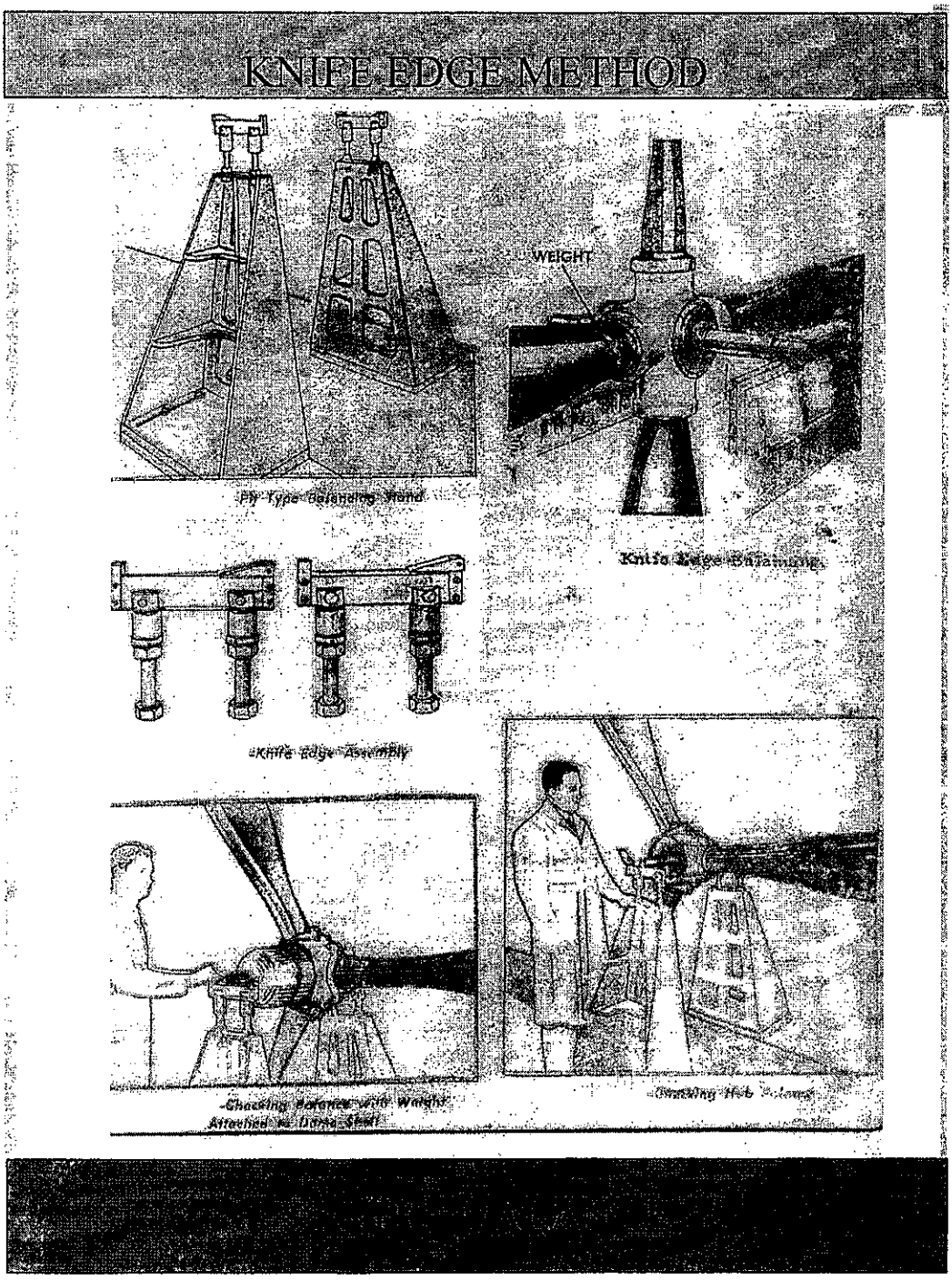
Some model is initiated by depressing the feathering button. This action, auxiliary pump, feather solinoid, which positions the feathering valve to tranfer oil to feathering the propeller. When the propeller has been fully feathered, oil pressure will buildup and operate a pressure cutout switch which will cause the auxiliary pump stop. Feathering may be also be accomplished by pulling the engine emergency shutdown handle or switch to the shutdown position.

Unfeathering : Some model is accomblished by holding the feathering buttom switch in the out position for about 2 second . This creates an artificial underspeed condition at the governor and causes high-pressure oil from the feathering pump to be directed to the rear of the propeller piston. As soon as the piston has moved inward a short distance, the blades will have sufficient angle to start rotation of the engine. When this occurs , the un-feathering switch can be released and the governor

การสมดุลย์ใบพัดอากาศยาน

BALANCE PROPELLER

การตรวจสอบสมดุลย์แบบคมมีด



การสมดุลย์ใบพัดอากาศยาน

BALANCE PROPELLER

การตรวจสอบสมดุลย์แบบแขวน

SUSPENSION METHOD

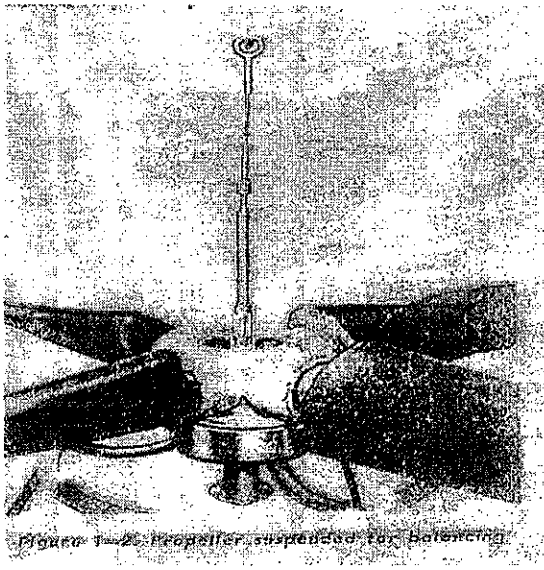
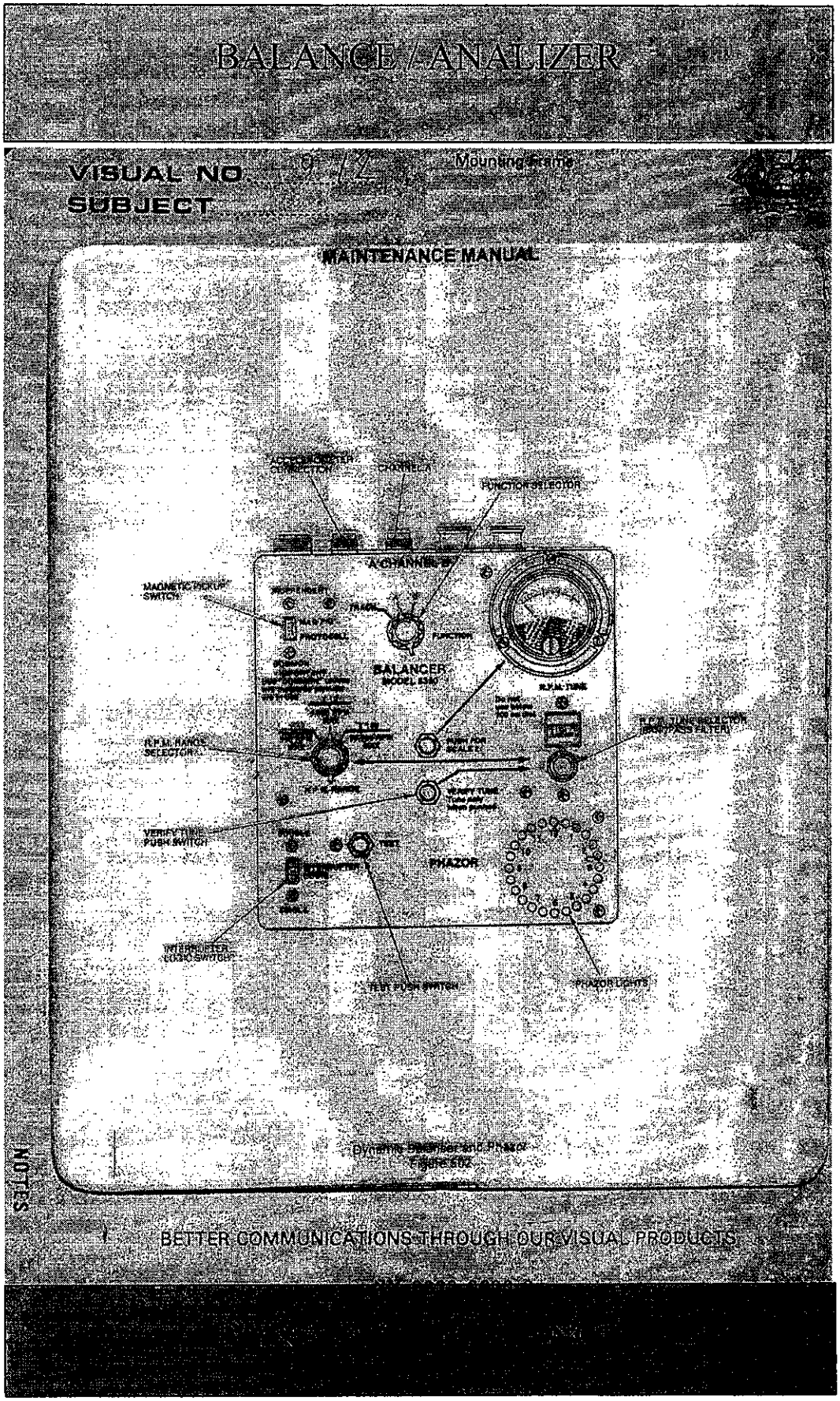


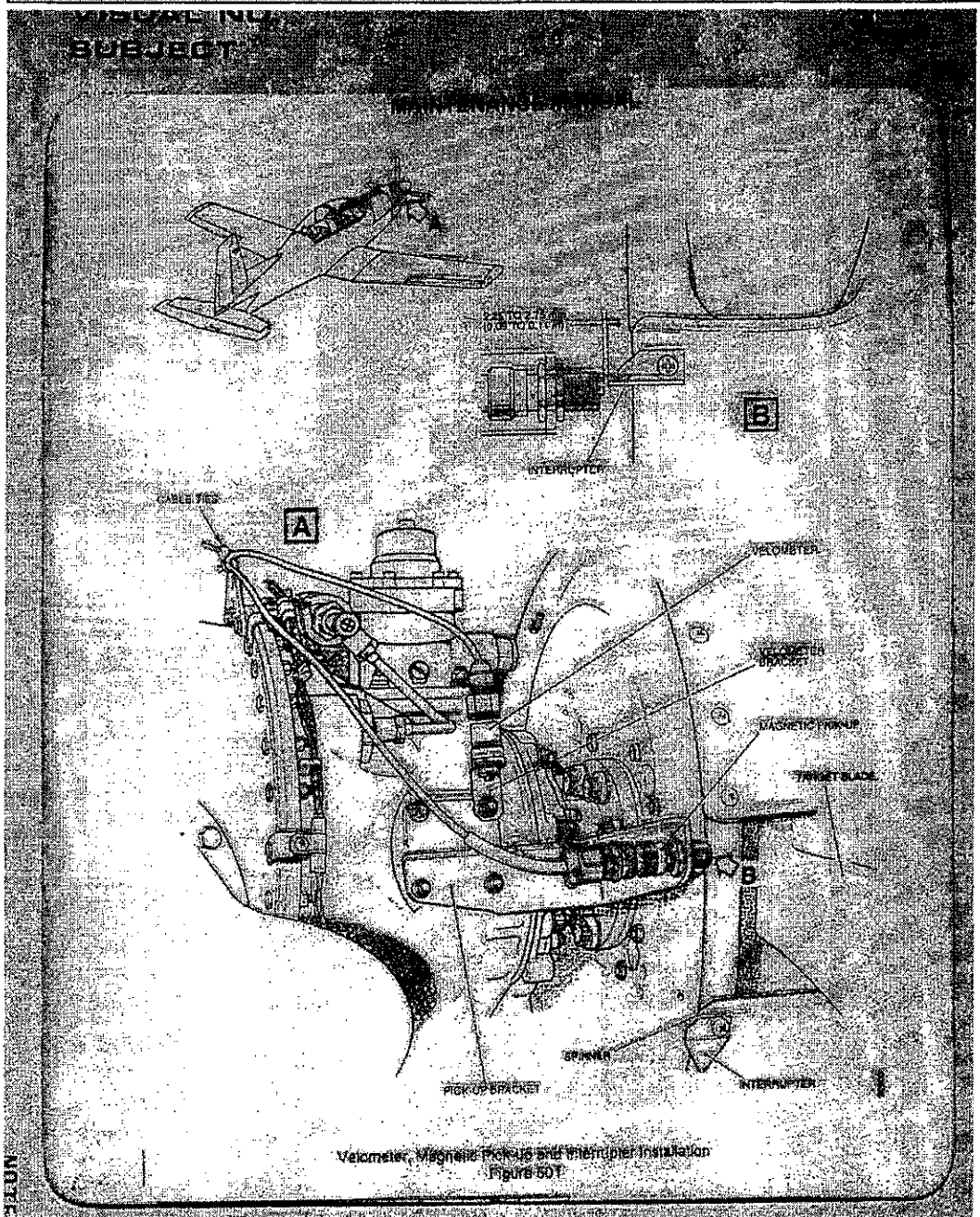
Figure 1—2. Propeller suspended for balancing.

Figure 1—3. Indicator bushing shows propeller perfectly balanced.

Figure 1—4. Indicator bushing offset — propeller is unbalanced.

การตรวจสอบสมดุลย์ใบพัดอากาศยานด้วยระบบไฟฟ้า

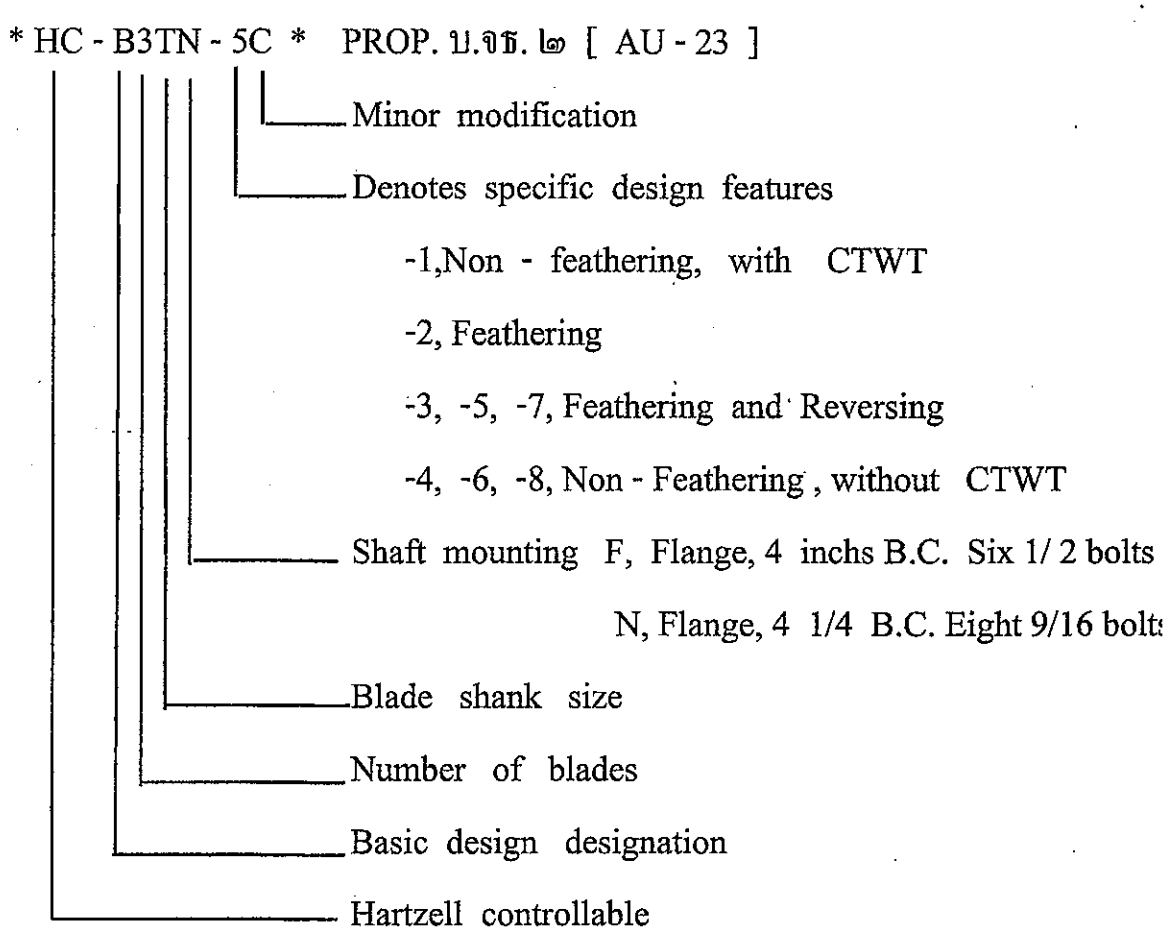




Velometer, Magnetic Pick-up and Interrupter Installation
Figure 501

MODEL [P/N] HARTZELL PROPELLER INC.

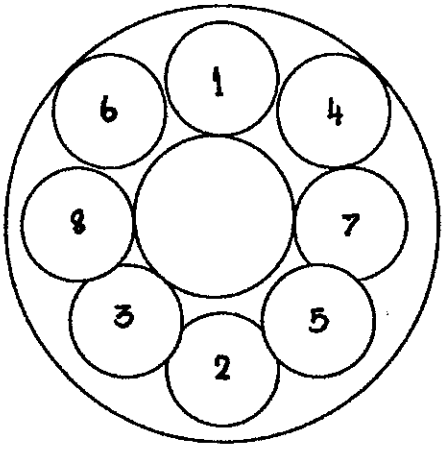
HC - [ ][ ][ ][ ] - [ ][ ][ ] / BLADE MODEL



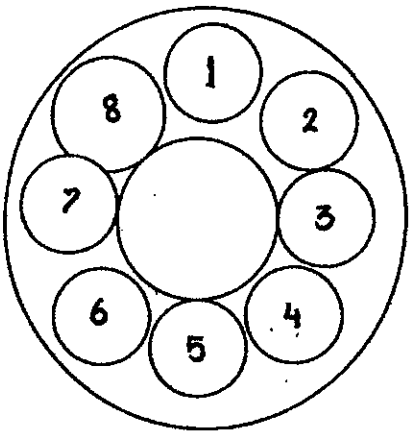
ใบพัดบริษัท *HARTZELL* ที่ใช้ใน ทอ.

* PROP.P / N HC-C2YK-1B บ.ฝ.๑๕ [M/T] TBO= 1,500 OR 5 YR.
* PROP.P / N BHC-C2YF-1BF บ.ฝ.๑๖ [A/T] TBO= 1,500 OR 5 YR.
* PROP.P / N HC-C3YR-4BF บ.ฝ.๑๖ [CT/4E] TBO= .....OR 5 YR.
* PROP.P / N HC-B3TN-5C,M, บ.จธ.๒ [AU-23] TBO= 1,500 OR 5 YR
* PROP.P / N HC-B5MA-3 บ.ล.๒ก [BT-67] TBO= .....OR 5 YR
* PROP.P / N HC-B3TN-5G บ.ตล.๖[MERLIN-4] TBO= 1,500 OR 5 YR
* PROP.P / N HC-B3TN-3D บ.ตล.๗ [ARAVA] TBO= 1,500 OR 5 YR.
* PROP.P / N HC-A3VF-7 บ.ล.๙ [NOMAD] TBO= 3,000 OR 5 YR.
* PROP.P / N HC-D4N-2A บ.ฝ.๑๙ [PC-9] TBO= 3,500 OR 5 YR.

DIAGRAM OF TORQUING PROCEDURES FOR PROPELLER



N OR P Flange



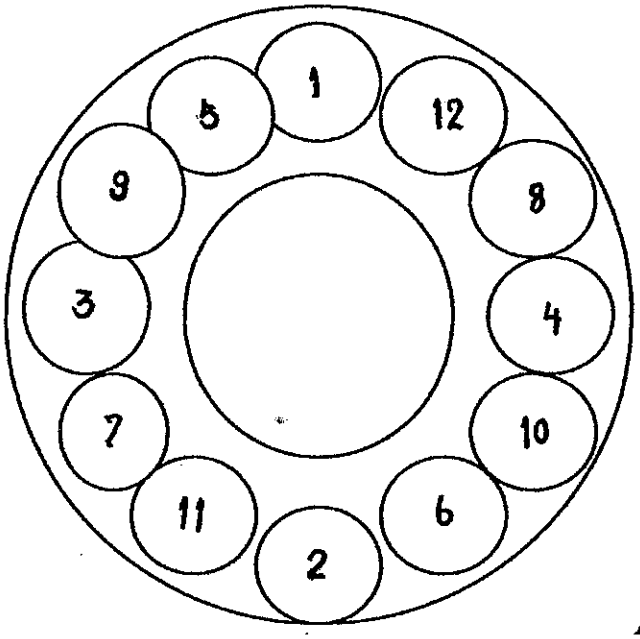
SEQUENCE A

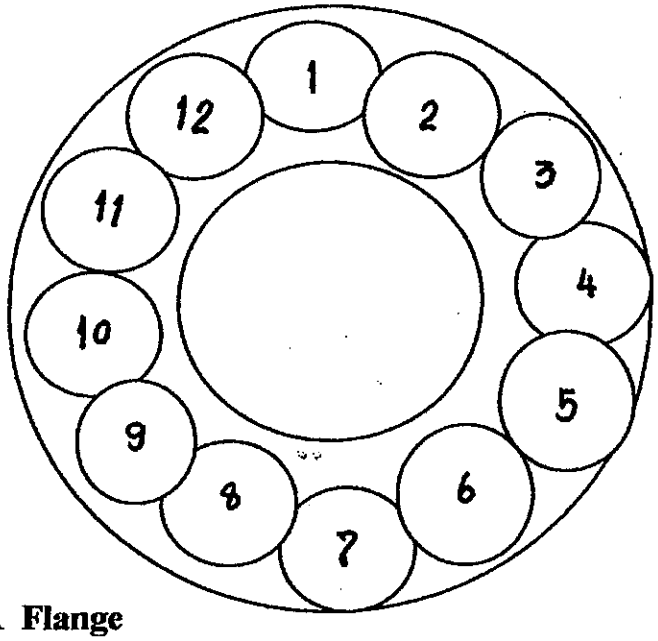
Step 1 - Torque all bolts to 40 lb-ft

Step 2 - Torque all bolts to 80 lb-ft

SEQUENCE B

Step 3 - Torque all bolts to between 100 and105 lb-ft





A Flange

HARTZELL PROPELLER INC.
Manual No.149

HC-D4N-3A/ BLADE MODEL

Typical Propeller Assembly Model Number

H HARTZELL

C CONTROLLABLE

-

D BLADE RETENTION SYSTEM

D - 3.4 inch diameter shank
E - 3.4 inch diameter shank high horsepower application

4 NUMBER OF BLADES — 3 through 6

N PROPELLER HUB ASSEMBLYMOUNTING FLANGE TYPE

	Bolt Circle inches	Dowels No.	Dowels Dia.	No. of Bolts or Studs
A -	5.125	2	5/8"	12 (5/16")
F -	4.00	2	1/2"	6 (1/2")
N -	4.25	2	1/2"	8 (5/16")
P -	4.25	4	1/2"	8 (5/16")

-

3 OPERATIONAL FEATURES

OPERATIONAL FEATURES
Specific Design Features
-2 Full Feathering Constant Speed, Pratt & Whitney PT6
-3 Full Feathering, Reversing Constant Speed, Pratt & Whitney PT6 External Beta
-5 Full Feathering Reversing Constant Speed, Garrett, Internal Beta, may have start locks
-7 Full Feathering Reversing Constant Speed, Allison, Internal Beta

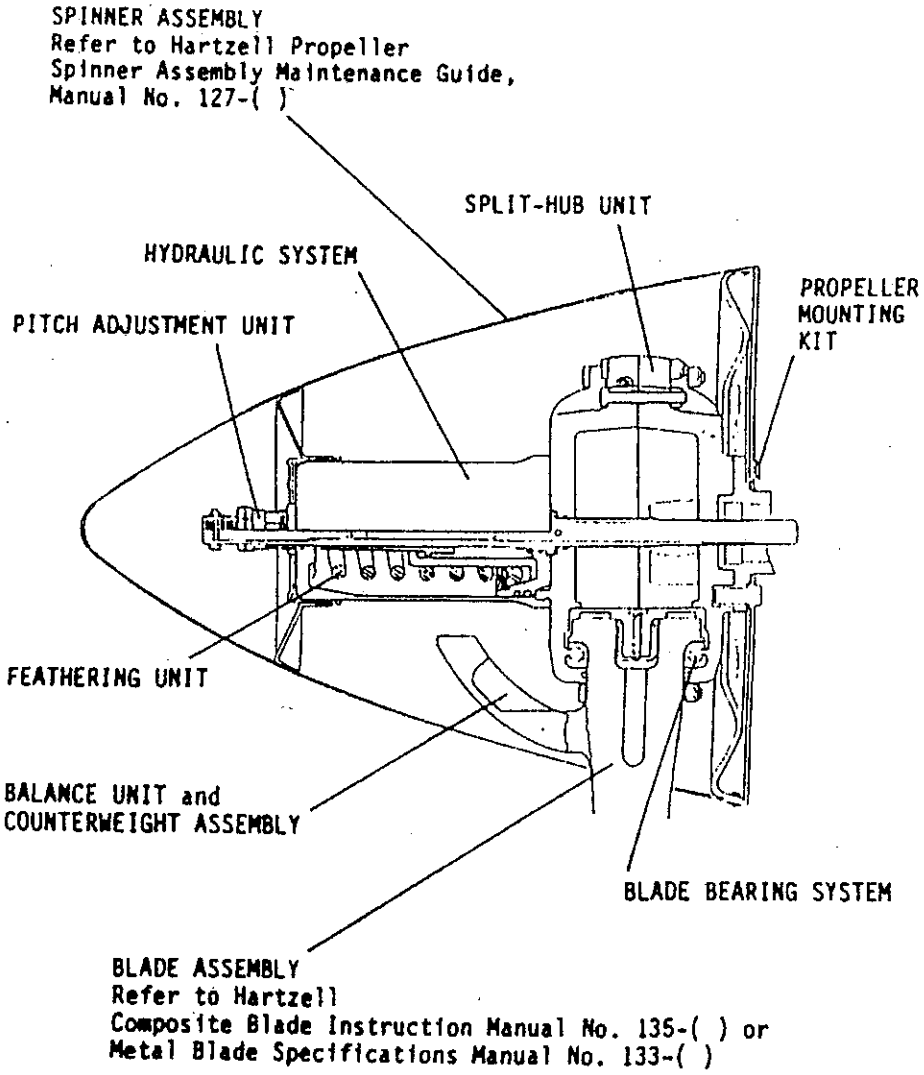
A MINOR MODIFICATION

/

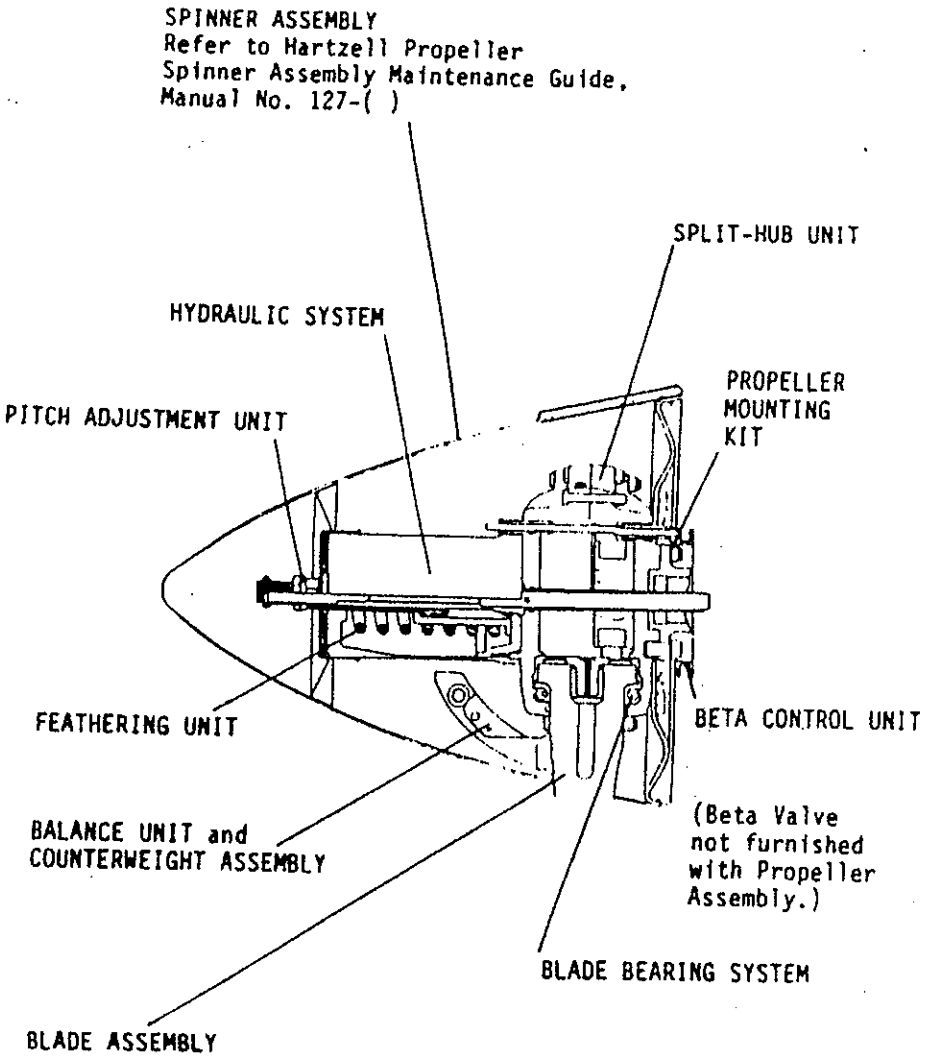
Refer to applicable manual for Blade Model Designation System.

NOTE: Parentheses in the model designation system can indicate either that an option or modification is included in the hub assembly or that it is not included in the hub assembly.

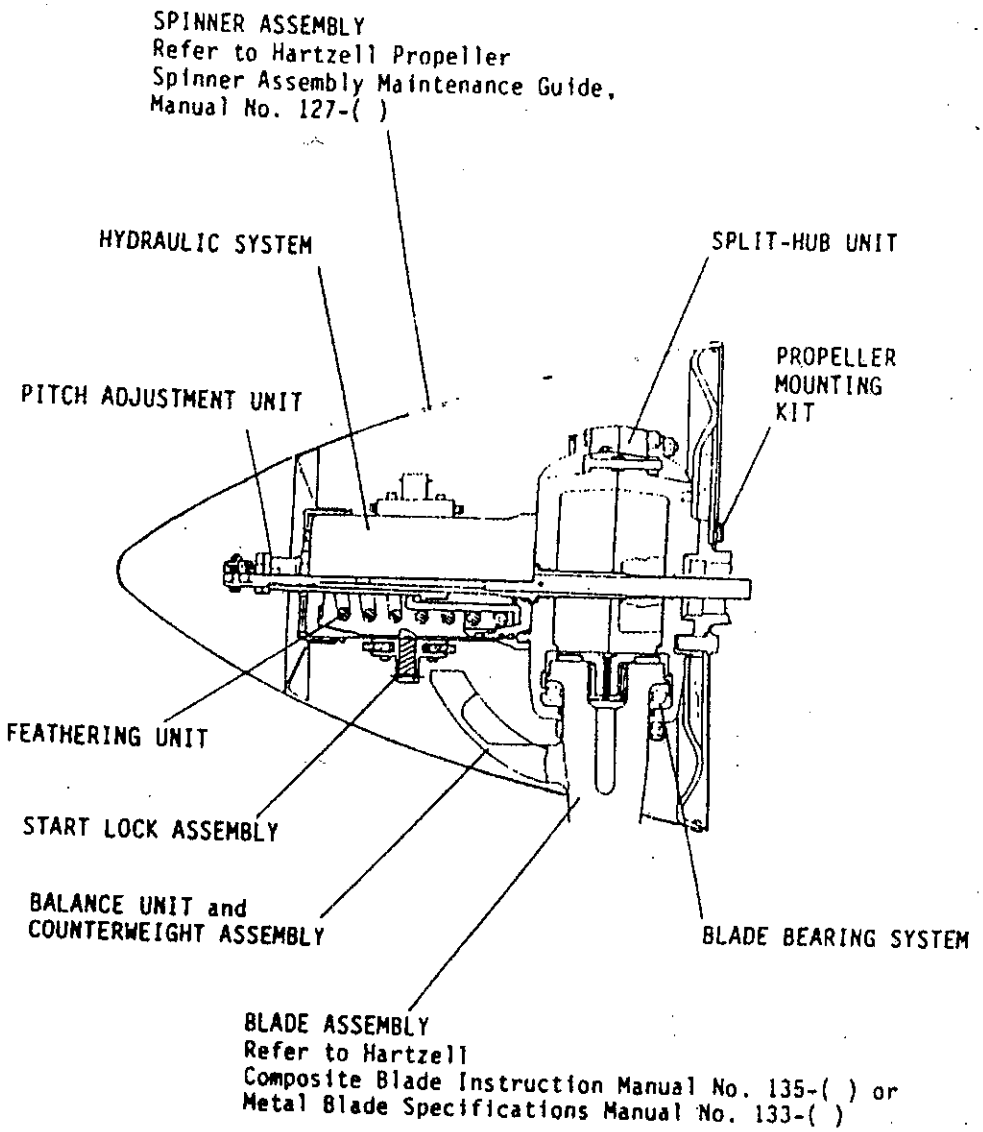
Model Designation System
Figure 1



Basic Components of the HC-D4( )-2( ) Four-Blade
Lightweight Turbine Propeller
Figure 2

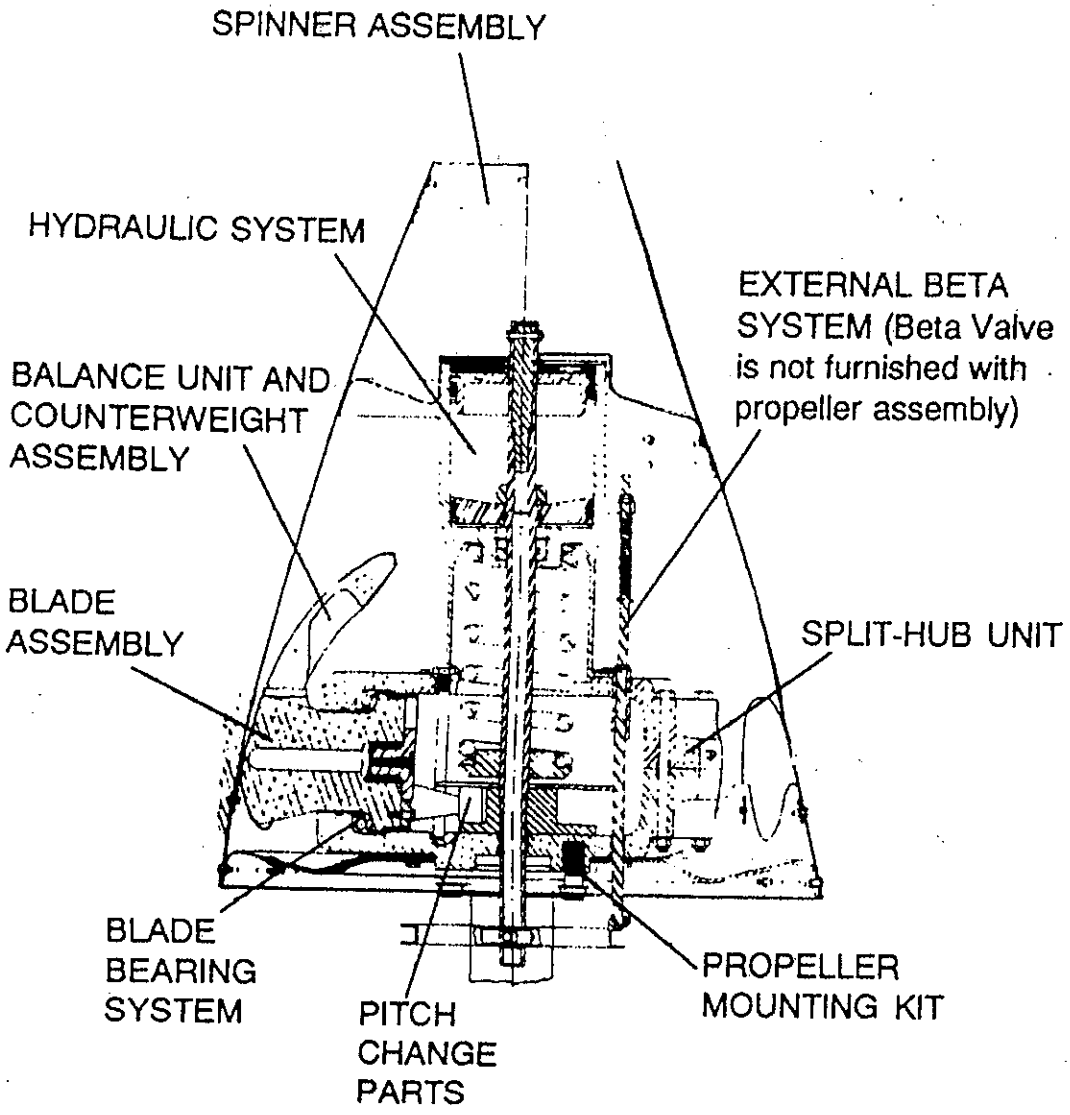


Basic Components of the HC-D4( )-3( ) Four-Blade
Lightweight Turbine Propeller.
Figure 3



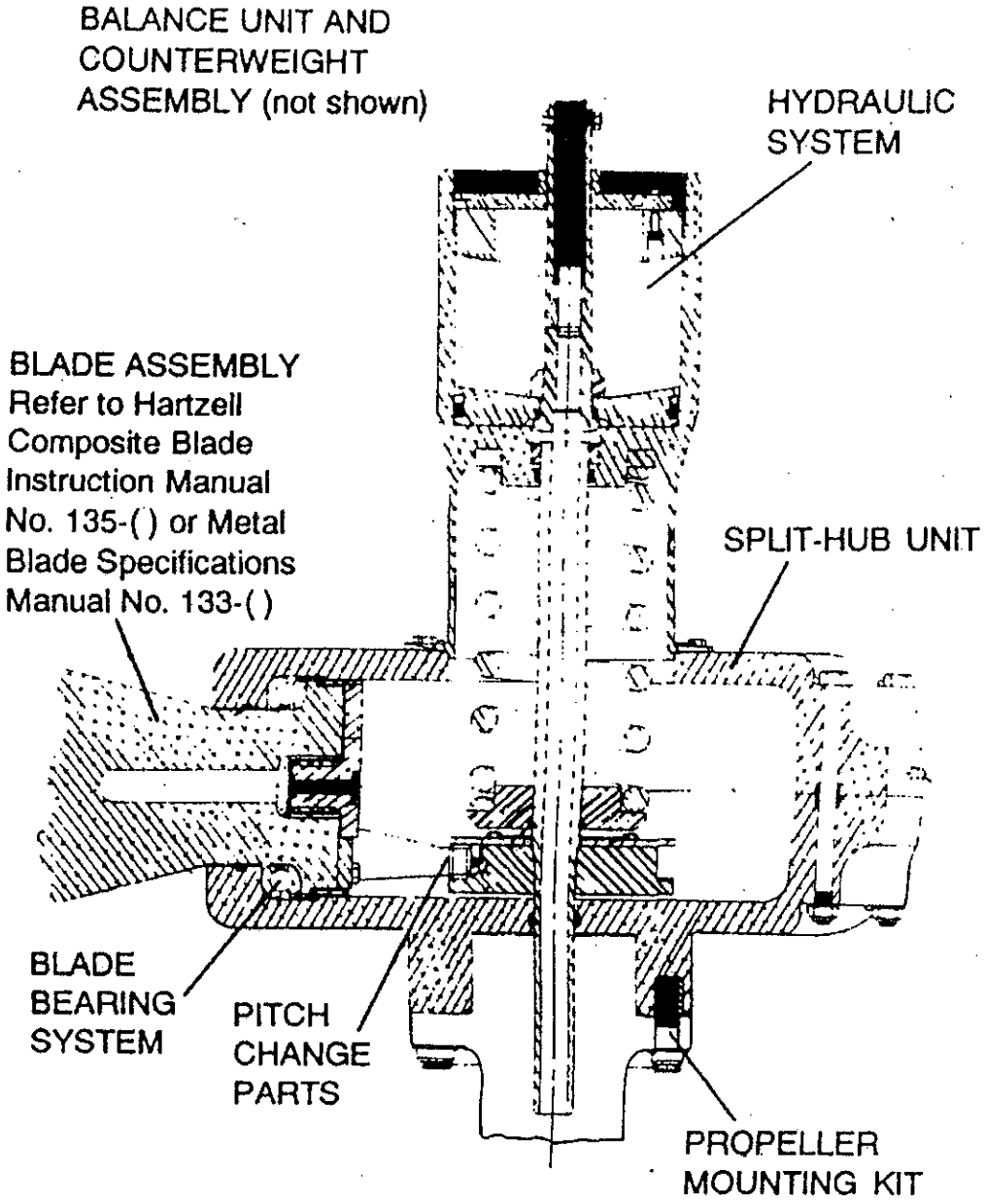
Basic Components of the HC-D4( )-5( ) Four-Blade
Lightweight Turbine Propeller
Figure 4

HARTZELL PROPELLER INC.
Manual No.149

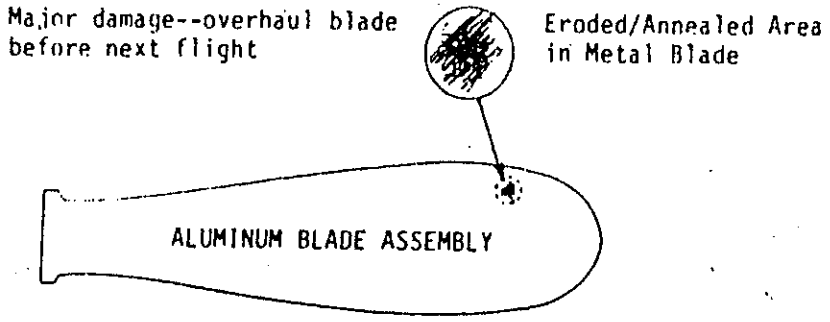


Refer to Hartzell Composite Blade Instruction Manual No. 135-( ) or Metal Blade Specifications Manual No. 133-( )

Basic Components of the HC-E5( )-3( ) Five-Blade Lightweight Turbine Propeller
Figure 4A

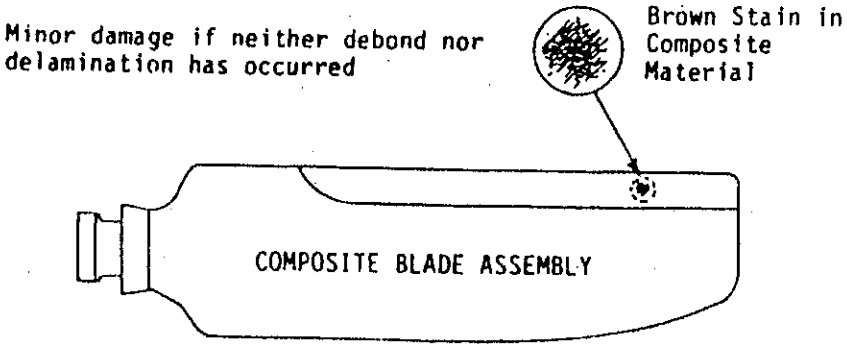


Basic Components of the HC-E6( )-5( ) Six-Blade Lightweight Turbine Propeller
Figure 4B



WARNING: IF VISUAL INSPECTION DETECTS A DARKENED AREA IN COMPOSITE MATERIAL, PERFORM IMMEDIATE "COIN-TAP" TEST TO DETERMINE WHETHER DEBOND OR DELAMINATION HAS OCCURRED. REFER TO FIGURE 6.

(Evidence of lightning strike on erosion shield of composite blade.)



Evidence of Lightning Strike Damage to Blade Assembly
Figure 5

5. Lightning Strike on Hub or Blade (refer to Figure 5)

WARNING: ANY METAL PROPELLER BLADE ASSEMBLY WHICH IS EXPOSED TO LIGHTNING STRIKE MUST BE OVERHAULED BEFORE IT IS RETURNED TO SERVICE.

WARNING: IF VISUAL INSPECTION DETECTS A DARKENED AREA NEAR THE TIP OF A COMPOSITE BLADE, PERFORM A "COIN-TAP" TEST IMMEDIATELY TO DETERMINE WHETHER OR NOT DEBOND OR DELAMINATION HAS OCCURRED.

A. A lightning strike usually leaves a darkened area and possible pitting near the tip of a composite blade--or an eroded area on the metal blade.

B. In every confirmed case of lightning strike, the blade retention split-bearing and the blade alignment bearing are subject to damage, and both must be replaced.

1) Arcing may occur, and this will be evident on the bearing races, balls and/or rollers.

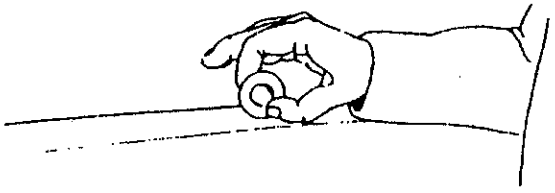
C. In every lightning strike case, the flow of current has magnetized all of the steel parts.

1) Demagnetize all steel parts of the assembly.

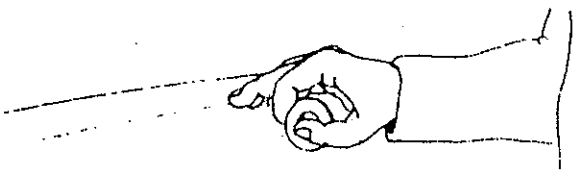
D. If visual inspection detects a darkened area in composite blade material (see Figure 5), perform an immediate "coin-tap" test as shown in Figure 6 to determine whether or not debond or delamination has occured.

1) Field repair of major composite blade damage must be performed in a Hartzell approved facility with factory consultation.

"Coin-tap" test along entire surface of erosion shield checks for debond

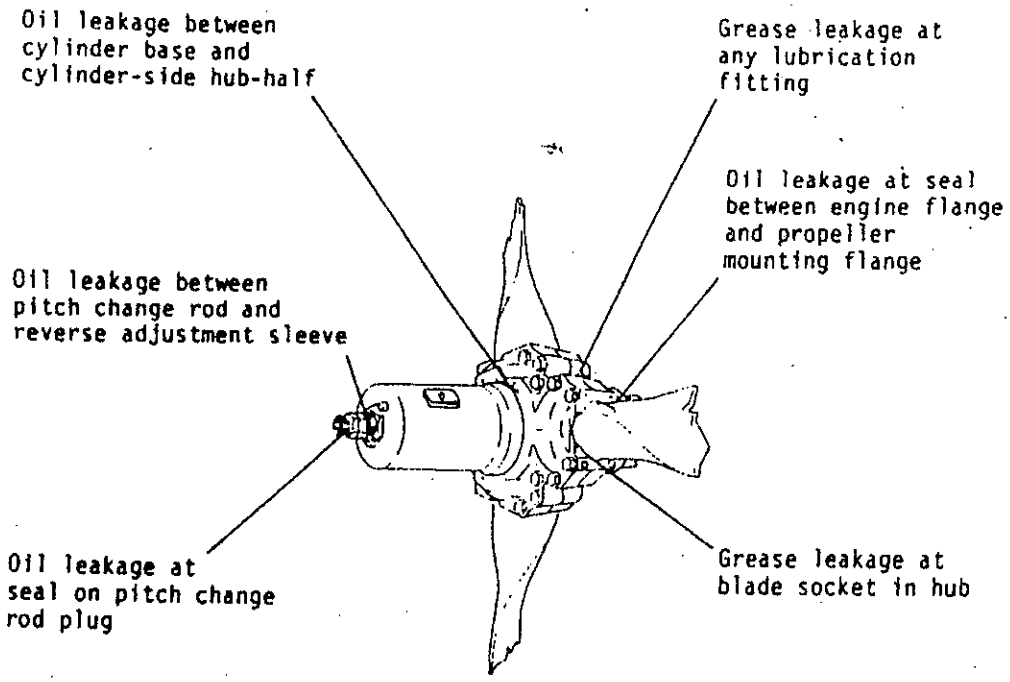


"Coin-tap" test on composite surface checks for delamination



NOTE: The "coin" used for these tests should have radiused edges and weigh at least three (3) ounces (85 g).

Using "Coin-Tap" Test to Check for Debond or Delamination in Composite Blade
Figure 6

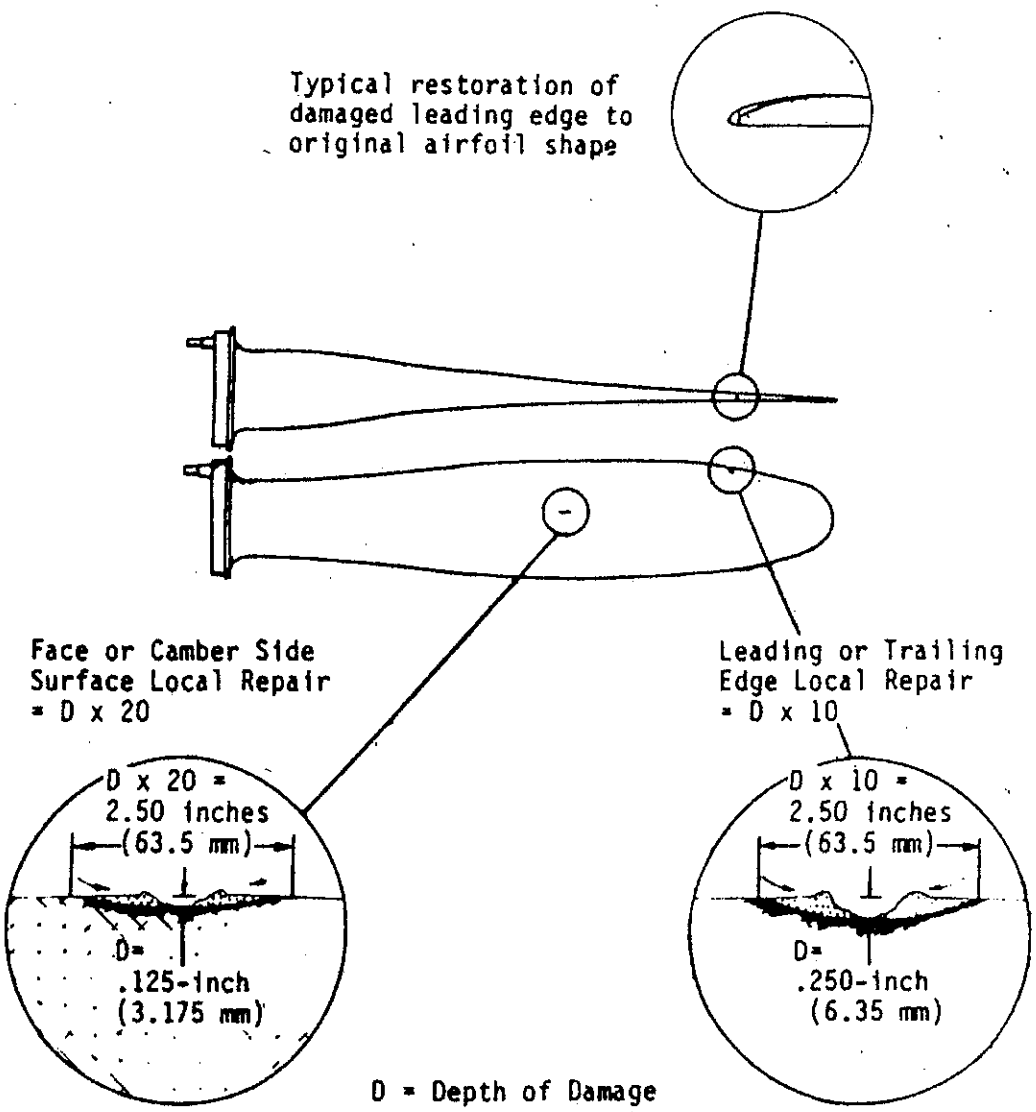


NOTE: The blade retention split-bearing is the only potential source for grease leakage.

Typical Hub Areas to Inspect Daily for Evidence of Leaking Oil or Grease
Figure 7

CAUTION: WIDTH OR THICKNESS OF LOCAL REPAIR MAY NOT EXCEED MANUFACTURER'S REPAIR TOLERANCE MINIMUMS.

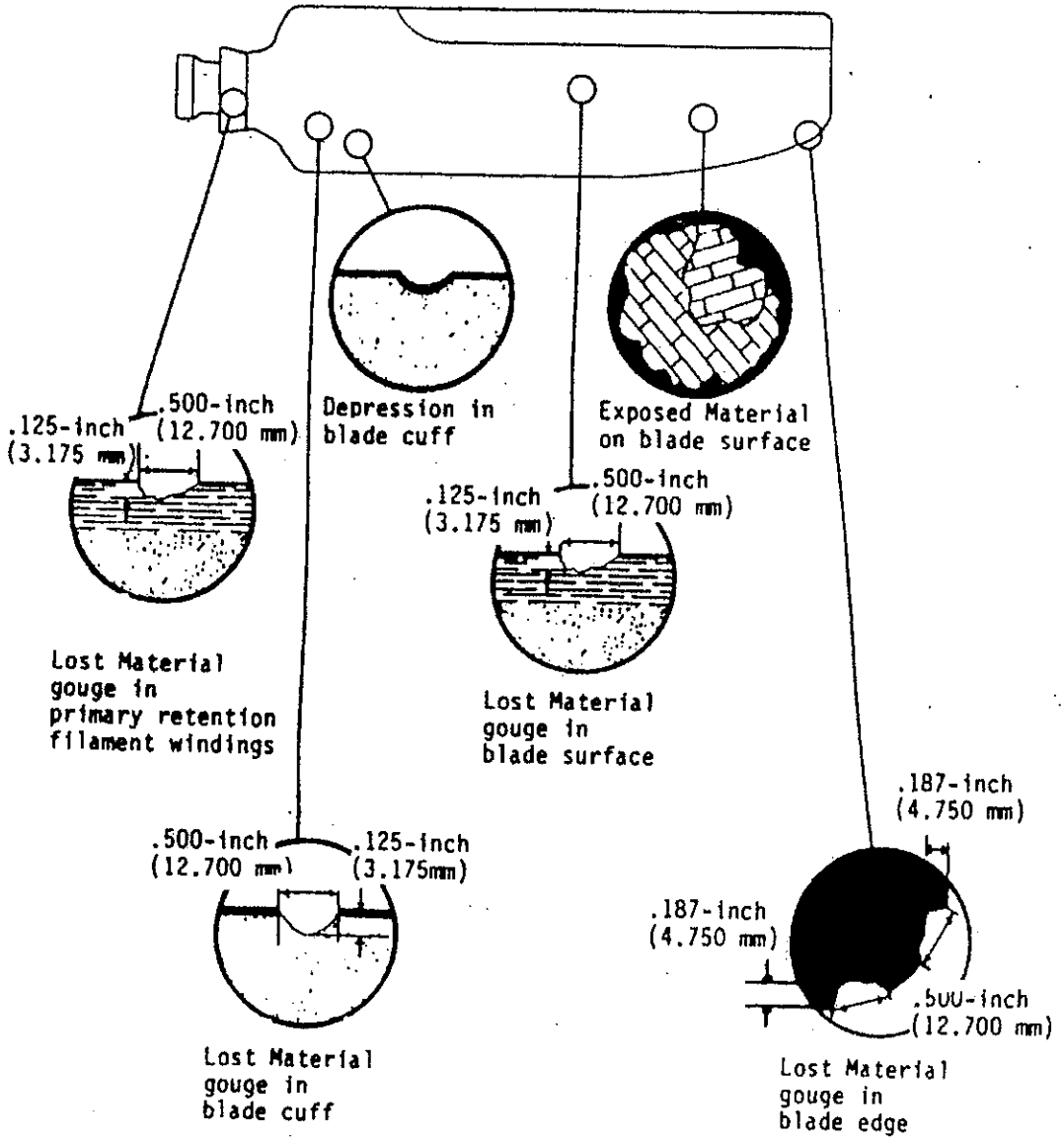
CAUTION: METAL BLADE FIELD REPAIRS MUST BE MADE BY A QUALIFIED MECHANIC.



CAUTION: DO NOT MAKE REPAIRS ON FACE OR CAMBER SIDE THAT FORM A CONTINUOUS LINE ACROSS THE BLADE SECTION.

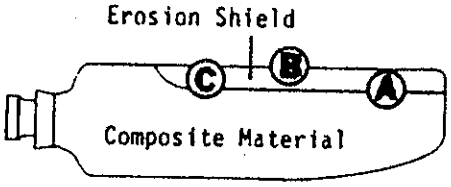
Limits of Metal Blade Minor Damage for Field Repair
Figure 8

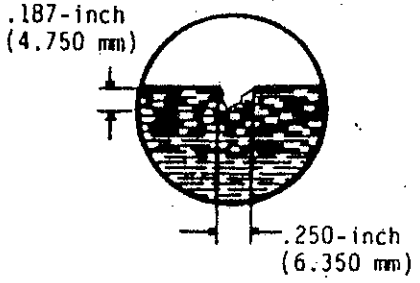
CAUTION: COMPOSITE BLADE FIELD REPAIRS MUST BE MADE BY A QUALIFIED MECHANIC.



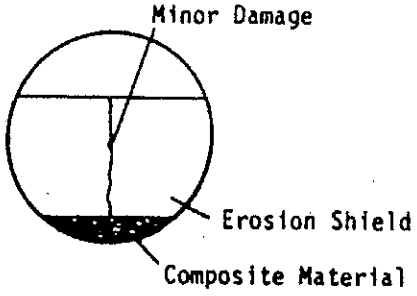
Limits of Composite Blade Minor Damage for Field Repair
Figure 9

CAUTION: COMPOSITE BLADE FIELD REPAIRS MUST BE MADE BY A QUALIFIED MECHANIC.

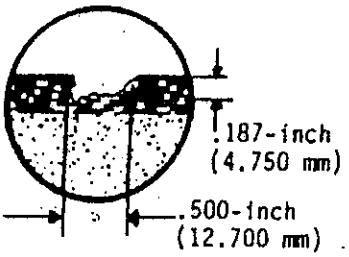




B – Acceptable Limits for Minor Damage to Edge of Erosion Shield



C – Chordwise Crack in Erosion Shield



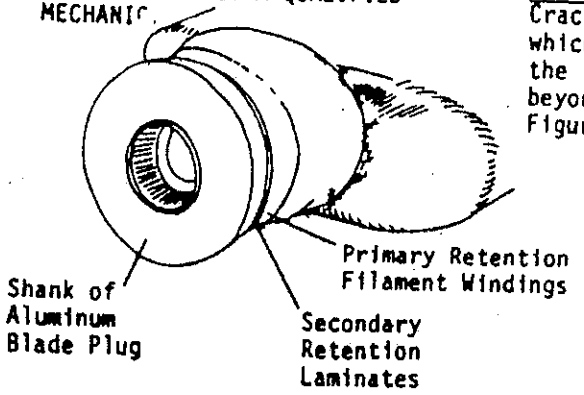
A – Acceptable Limits for Minor Damage to Surface of Erosion Shield

NOTE: Refer to Figure 11 for erosion shield debond minor damage limits.

At overhaul replace any metal erosion shield which has areas of minor (or major) damage.

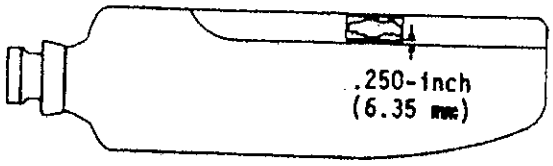
Limits of Composite Blade Erosion Shield
Minor Damage for Field Repair
Figure 10

CAUTION: COMPOSITE BLADE FIELD REPAIR MUST BE MADE BY A QUALIFIED MECHANIC



Acceptable Minor Damage:
Crack, scratch or depression which does not penetrate into the low-density foam core beyond the limits shown in Figure 10.

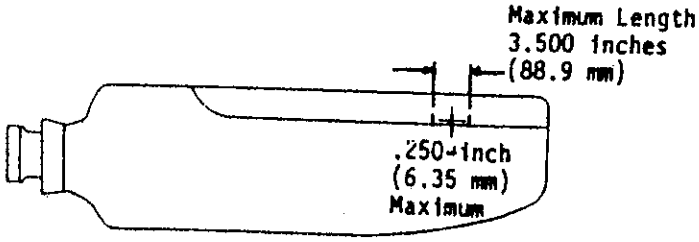
Enlarged view of metal erosion shield area of debond minor damage limits



Metal Erosion Shield Debond

NOTE: Refer to Figure 10 for other erosion shield minor damage limits.

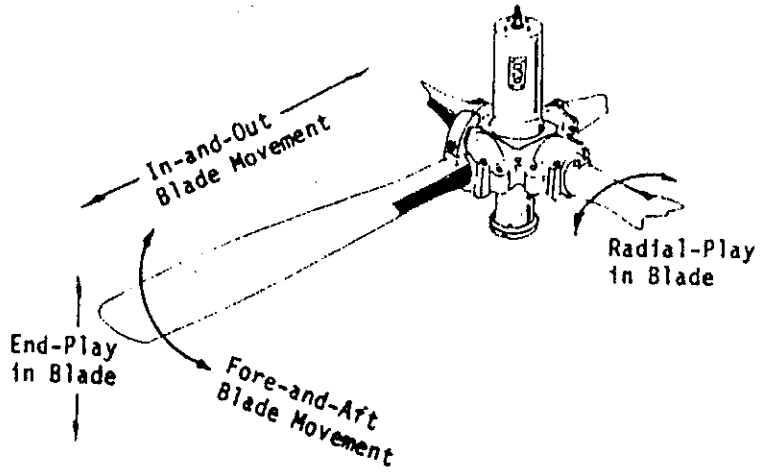
Limits for Minor Damage



Erosion Shield Trailing Edge Debond

Limits of Erosion Shield Debond and Blade Cuff Minor Damage for Field Repair
Figure 11

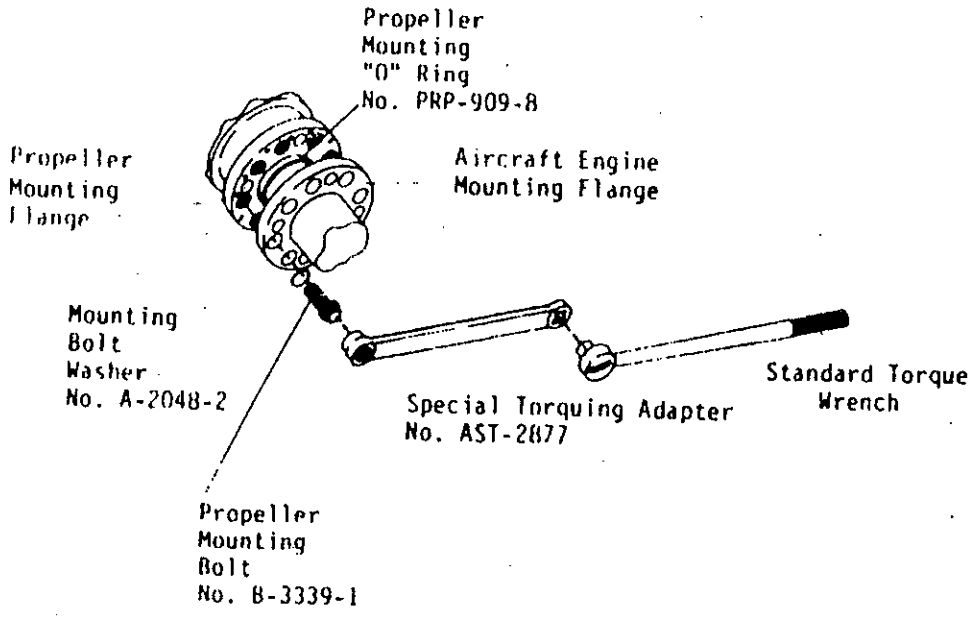
NOTE: Radial play ("backlash") of ±.5-degree in blade is allowed.

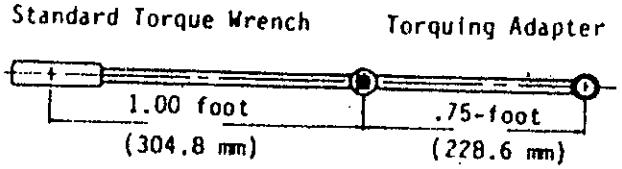


CAUTION: BLADE IS PRELOADED.
NO END-PLAY, IN-AND-OUT, OR
FORE-AND-AFT BLADE MOVEMENT
IS ALLOWED.

NOTE: Make preload checks with blade in feather pitch.

Checking the Blade Preload
Figure 12





When an adapter is used with a torque wrench, use the following equation to determine torque value:

$$\frac{\text{(actual torque required)} \times \text{(torque wrench length)}}{\text{(torque wrench length)} + \text{(length of adapter)}} = \text{torque wrench reading to achieve required actual torque}$$

EXAMPLE:

$$\frac{\text{100 lb-ft (136 N m)} \times \text{1 ft (304.8 mm)}}{\text{1 ft (304.8 mm)} + \text{.75-ft (228.6 mm)}} = \text{57.1 lb-ft (901 N m)}$$

reading on torque wrench with 9-inch (228.6 mm) adapter for actual torque of 100 lb-ft (136 newton-meters)

Using Special Torquing Adapter (AST-2877) with Standard Torque Wrench
To Torque Propeller Mounting Bolts
Figure 14