บทที่ ๑
เครื่องวัดประกอบการบิน

ในการบินสมัยเริ่มแรก เครื่องบินไม่มีเครื่องวัด เพราะเครื่องวัดดูเหมือนจะไม่เป็นสิ่งที่จำเป็นนัก สำหรับนักบินผู้ซึ่งมีภาระอันหนักในการที่จะบังคับเครื่องบินให้ทรงตัวอยู่ในอากาศ ทำให้นักบินไม่มีเวลาพอที่จะมาตรวจการอ่านเครื่องวัด ถึงแม้ว่าจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อย ๆ เนื่องจาก ย. หยุดในอากาศก็ตาม ซึ่งสาเหตุที่ ย. ขัดข้องนี้ ส่วนมากเกิดจากการศูนย์เสียความดันน้ำมันหล่อลื่น ฉะนั้นเครื่องวัด เครื่องแรกที่วิศวกรได้คิดประดิษฐ์ขึ้นติดตั้งกับ บ. ก็คือ เครื่องวัดความดันน้ำมันหล่อลื่นซึ่งจะเตือนให้นักบินทราบถึงความลดน้อยของความดันน้ำมันหล่อลื่นและอันตรายที่ใกล้เข้ามาที่จะทำให้ ย. เกิดขัดข้อง และในเวลาต่อมาก็ได้สร้างเครื่องดูดน้ำมันเชื้อเพลิงขึ้นโดยให้น้ำมันเชื้อเพลิงไหลผ่านท่อแก้ว ซึ่งนักบินสามารถจะมองเห็นการไหลของเชื้อเพลิงได้โดยสังเกตฟองเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นในขณะที่เชื้อเพลิงไหล เมื่อความวิวัฒนาการของ บ. ก้าวหน้าขึ้น วิศวกรช่างอากาศก็ได้คิดประดิษฐ์ติดตั้งเครื่องวัดที่จำเป็นเพื่อให้ชี้แสดงการทำงานของ บ. ซึ่งได้แก่ เครื่องวัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบเครื่องวัดที่จำเป็นเพื่อให้ชี้แสดงการทำงานของ บ. ซึ่งได้แก่เครื่องวัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบเครื่องวัดที่เกี่ยวกับระบบน้ำมันหล่อลื่นเครื่องวัดที่เกี่ยวกับระบบเชื้อเพลิงเครื่องวัดอุณหภูมิระบายความร้อนเครื่องวัดรอบ เครื่องวัดความอัดไอดี การทำงานของเครื่องวัดที่ใช้ในทาง ย. นี้ จะแดงให้นักบินหรือช่างทราบถึงสมรรถนะของ ย. ตลอดเวลาที่ ย. ทำงาน

ในเวลาต่อมาเครื่องวัดในทางเดินอากาศ และในทางการบินก็เป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับนักบิน เครื่องวัดในทางการบินที่ประดิษฐ์ขึ้นก่อนได้แก่เครื่องวัดเร็ว, วัดการเซและไถลของ บ. เครื่องวัดที่สร้างขึ้นครั้งแรกนี้ประกอบด้วยน้ำหนักเล็ก ๆ ผูกติดกับสายเชือกแขวนห้อยจากโครงสร้างของ บ. ในที่ซึ่งนักบินมองเห็นได้ถนัด เมื่อ บ. จอดอยู่เฉย ๆ หรือไม่มีความเร็ว ตุ้มน้ำหนักจะห้อยลงมาตรง ๆ ถ้าเคลื่อนตัวไปข้างหลังเป็นการแสดงความเร็ว ถ้าแกว่งไปข้างใดข้างหนึ่ง มันจะชี้แสดงบอกว่า SLIP หรือ SKID ต่อมาเข็มทิศก็ได้ถูกติดตั้ง เพื่อชี้แสดงทิศทางที่ บ. กำลังบินอยู่

ในปัจจุบัน บ. มีรัศมีทำการไกล มีเพดานบินสูง สามารถบินได้ทุกกาลอากาศ ทำการบินโดยมิได้อาศัยภูมิประเทศ ซึ่งภาวะกาลเหล่านี้ นักบินจำเป็นจะต้องอาศัยเครื่องวัด ฉะนั้น กล่าวได้ว่าเครื่องวัดเป็นสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับนักบิน ซึ่งจะช่วยให้นักบินสามารถบังคับ บ. ให้บินได้ตามความต้องการและปลอดภัยซึ่งพอจะสรุป คุณประโยชน์ของเครื่องวัดได้สั้น ๆ คือ .-

๑. เพื่อให้ได้สมรรถนะดี เช่น ควรจะปรับรอบเครื่องยนต์ที่เท่าใด เมื่อ บ. กำลังบินอยู่ที่ความเร็วหนึ่ง ๆ

๒. เพื่อความปลอดภัย และความสะดวกสบายของนักบินและผู้โดยสาร

๓. ทำให้ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย

๔. เพื่อประโยชน์ในการทดลองและค้นคว้า เช่น ในการเลือกใบพัดให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดหรือในการทดลอง บ. เพื่อหาสมรรถนะ

ชนิดของเครื่องวัด

แบ่งประเภทของเครื่องวัดในทางใช้งานได้ ๔ ประเภท คือ

๑. เครื่องวัดในทางเครื่องยนต์ ได้แก่ เครื่องวัดติดตั้งไว้เพื่อบอกให้ทราบถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์ในขณะนั้น เครื่องวัดเหล่านี้ที่สำคัญ ๆ ก็คือ เครื่องวัดรอบ เครื่องวัดความดันน้ำมันหล่อลื่น เครื่องวัดความดันน้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น เครื่องวัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบ เครื่องวัดความอัดไอดี

๒. เครื่องวัดในทางการบิน คือ เครื่องวัดที่ติดตั้งไว้เพื่อบอกให้นักบินทราบถึงลักษณะของ บ.ในขณะที่ทำการบินอยู่ เช่น เครื่องวัดสูง เครื่องวัดเร็ว เครื่องวัดอัตราไต่ เครื่องวัดขอบฟ้าจำลอง เครื่องวัดท่าบิน เครื่องวัดเลี้ยวเอียง

๓. เครื่องวัด – ในทางเดินอากาศ คือ เครื่องวัดที่สามารถให้นักบินตั้งทิศทางของ บ. ให้ยังจุดที่หมายได้แก่ เข็มทิศแม่เหล็ก ระบบ MAGNESYN COMPASS ระบบ GYROSYN COMPASS, DIRECTIONAL GYRO IND.

๔. เครื่องวัดเบ็ดเตล็ด ได้แก่ เครื่องวัดนอกจากที่กล่าวแล้วข้างต้นทั้ง ๓ ประเภท เช่น เครื่องวัดความดันไฮดรอลิค

แบ่งประเภทในทางการสร้างได้ ๔ ประเภท คือ

๑. เครื่องวัดชนิดความดัน

๒. เครื่องวัดชนิดกลไก

๓. เครื่องวัดชนิดไจโร

๔. เครื่องวัดชนิดไฟฟ้า

การออกแบบเครื่องวัด

เครื่องวัดที่ใช้กับ บ. จะต้องออกแบบสร้างขึ้นให้มีระยะการทำงานแน่นอนเป็นที่วางใจได้ทั้งในที่ซึ่งมีอากาศหนาวจัดและร้อนจัด กลไกของเครื่องวัดจะต้องได้ดุลย์ไม่ว่า บ. จะอยู่ในลักษณะที่เกิดแรงเหวี่ยงจะต้องกระทบกระเทือนต่อการอ่านเครื่องวัดน้อยที่สุด นอกจากนั้นเครื่องวัดจะต้องสร้างให้มีน้ำหนักเบาง่ายในการซ่อม

ตัวเลข ขีดแบ่งสเกลและเข็มชี้ของเครื่องวัดจะต้องทาด้วย LUMINOUS FLUORESCENT หรือ PHOSPHORESCENT หรือสารสีเขียวชนิดด้านซึ่งไม่สะท้อนแสง บ. ส่วนมากจะมีหลอด FLUORESCENT ติดตั้งไว้หนึ่งดวงเพื่อใช้ส่องไปยังแผงเครื่องวัด หลอดนี้จะให้แสงที่มองเกือบไม่เห็นและไม่มีอันตราย กำลังงานของแสง ULTRAVIOLET จะไปทำให้ตัวเลขขีดแบ่งสเกลและเข็มชี้ของเครื่องวัดเรืองแสงขึ้น

ตัวเรือนเครื่องวัด

ตัวเรือนเครื่องวัดซึ่งบรรจุส่วนประกอบเครื่องวัดที่มีอยู่ ๔ ชนิด คือ

๑. RAINTIGHT CASE ตัวเรือนแบบนี้มีที่สังเกตให้ทราบได้คือ มีรูเล็ก ๆ อยู่ทางตอนล่างโกล้ไปทางด้านหน้าของตัวเรือน รูเล็ก ๆ จะป้องกันมิให้ความชื้นเกิดรวมตัวขึ้นภายในตัวเรือน และเป็นช่องทางระบายเพื่อให้ความดันที่มีอยู่รอบ ๆ กลไกเท่ากับความดันบรรยากาศของห้องนักบิน

๒. AIRTIGHT CASE ตัวเรือนแบบนี้ออกแบบสร้างไม่ให้ความดันบรรยากาศภายนอกตัวเรือนเข้าไปภายในตัวเรือน ที่ตัวเรือนไม่มีรูเล็ก ๆ เจาะไว้เช่นแบบแรก ตัวเรือนแบบนี้ใช้กับเครื่องวัดความดันชนิดซึ่งการอ่านของเครื่องวัดจะคลาดเคลื่อนได้ ถ้าความดันในห้องนักบินเข้าไปในตัวเรือนเครื่องวัด เช่น เครื่องวัดเร็ว เครื่องวัดอัตราไต่ เครื่องวัดสูง ฯลฯ ทั้งนี้เพราะเครื่องวัดเหล่านี้จะทำงานถูกต้อง ก็เมื่อความดันซึ่งเข้ามาภายในตัวเรือนเครื่องวัด จะต้องเข้าทางช่องทางที่กำหนดไว้เท่านั้น

๓. RAINTIGHT SHIELDED CASE เครื่องวัดชนิดไฟฟ้าส่วนมากบรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิดนี้ ที่ตัวเรือนมีรูระบายติดต่อกับความดันภายในห้องนักบิน เพื่อป้องกันความดันเค้นที่เกิดขึ้นเนื่องจากความดันแตกต่างระหว่าง ความดันภายในและภายนอกตัวเรือน เหล็กอ่อนที่ใช้สำหรับ SHIELD จะเป็นตัวบังคับให้เส้นแรงแม่เหล็กเรียงตัวอยู่ในรูป ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการรบกวนของสนามแม่เหล็กภายในที่จะมากระทำต่อเข็มทิศแม่เหล็ก และป้องกันมิให้สนามแม่เหล็กภายนอกเข้าไปในตัวเรือนเครื่องวัด

๔. HERMETICALLY SCALED CASE ตัวเรือนแบบนี้ผนึกแน่น บรรจุแก๊ส N_2 หรือ He ไว้ภายในด้วยความดัน ๑ บรรยากาศ ส่วนมากเป็นตัวเรือนของเครื่องวัดที่ใช้กับ บ. เจ็ต เช่น เครื่องวัด FUEL PRESSURE IND ; OIL PRESSURE IND. ความมุ่งหมายของตัวเรือนชนิดนี้ก็คือ เพื่อป้องกันมิให้เกิดความชื้นภายในตัวเรือนเครื่องวัด เพราะการเปลี่ยนแปลงของความดันและอุณหภูมิที่เป็นไปอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดความชื้นขึ้นได้ง่าย ประการที่สองก็เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและบรรยากาศภายนอกมิให้เข้าเรือนเครื่องวัด

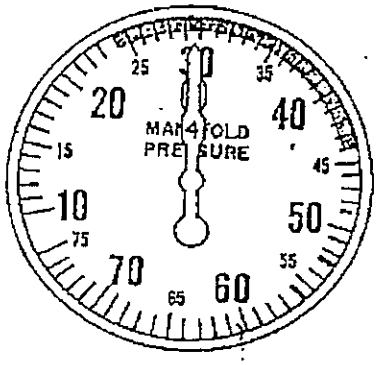
ขนาดของเครื่องวัดโดยทั่ว ๆ ไปมีขนาดเป็นมาตรฐาน ยกเว้นเครื่องวัดชนิดไจโร ชุดนักบินกล และเครื่องวัดอื่น ๆ อีก ๒ - ๓ ชนิด ขนาด (DIAMETER) ของตัวเรือนเครื่องวัดส่วนมากมี ๒ ขนาด คือ ๑ ๗/๘ และ ๒ ๓/๔ นิ้ว ถ้าตัวเรือนเครื่องวัดส่วนมากหล่อขึ้นด้วยส่วนประกอบของ PHEOLIC แต่ก็มีบางชนิดที่ทำด้วย อล. หรือแมกนิเซียม

การทำเครื่องหมาย

การทำเครื่องหมายชี้แสดงการทำงานของเครื่องวัดจะต้องเป็นไปตามหนังสือคู่มือของ บ. แบบนั้น ๆ ระยะเครื่องหมายของเครื่องวัดเหล่านี้จะชี้แสดงให้นักบินหรือผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับเครื่องวัดทราบ ถึงการทำงานในขณะบินว่า เครื่องบินกำลังบินอยู่ด้วยความปลอดภัยหรือไม่ ปลอดภัยเพียงใด โดยการมองเครื่องวัดเพียงผาด ๆ

โดยทั่ว ๆ ไป วิธีการทำเครื่องหมายของเครื่องวัดประกอบด้วยสีที่ใช้ ๔ สี และช่องว่างดังแสดงตามรูป

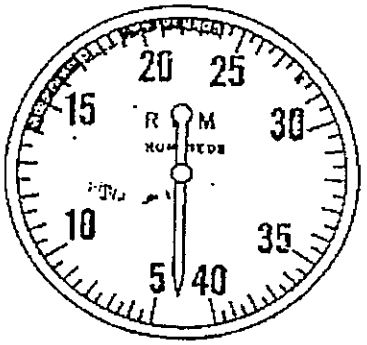
DETAIL A



MANIFOLD PRESSURE GAGE

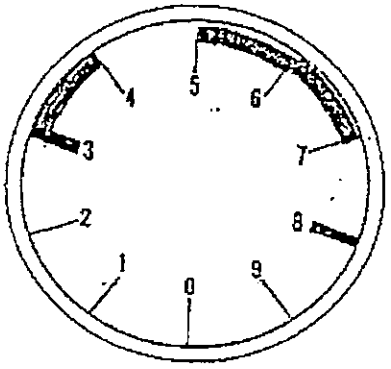
	24 In.	Min Permissible in Flight
	24 In.–35 In.	Auto-lean Permitted
	35 In.–44 In.	Auto-rich Required
	44 In.	Max Continuous (Operation above this Pressure Limited to 5 Min)
	49 In.	Takeoff
	53 In.	War Emergency - Dry
	56 In.	War Emergency-Wet

DETAIL B



TACHOMETER

	1400–1700 rpm	Auto-lean Permitted
	1700–1900 rpm	Dangerous Vibration
	1900–2200 rpm	Auto-lean Permitted
	2200–2400 rpm	Auto-rich Required
	2400 rpm	Max Continuous (Operation above this rpm limited to 5 min.)
	2800 rpm	Max



- ขีดเครื่องหมายสีแดงที่จุด ๓ แสดงถึงขีดอันตราย ถ้าเข็มชี้ต่ำกว่าจุดนี้
- โค้งสีเหลือ ชี้แสดงให้ทราบว่าอันตรายยังคงอยู่ในการทำงานระยะนี้
- ช่องว่างจาก ๔ – ๕ ชี้แสดงว่าควรจะหลีกเลี่ยงการทำงานระยะนี้หรือเป็นระยะซึ่งการทำงานของระบบนี้ถูกจำกัดไว้ไม่ให้ใช้

- โค้งสีน้ำเงิน ชี้แสดงถึงการทำงานตามปกติ เมื่อปรับคันเร่ง ย.ไว้ที่ตำแหน่ง "AUTO LEAN" ซึ่งจะเห็นได้ที่เครื่องวัดความอัดไอดี เครื่องวัดรอบ เครื่องวัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบ

- โค้งสีเขียว โดยทั่ว ๆ ไป ชี้แสดงถึงการทำงานตามปกติของระบบ แต่ถ้าเป็นเครื่องวัดที่ใช้ในทางเครื่องยนต์ จะเป็นการชี้แสดงการทำงานตามปกติ เมื่อปรับคันเร่งเครื่องยนต์ไว้ที่ "AUTO RICH"

- ขีดสีแดงที่ "๘" แสดงถึงขีดอันตราย ถ้าใช้งานเกินขีดนี้

ระหว่างกระจกหน้าปัด และที่กึ่งกลางตอนล่างของตัวเรือน ทาขีดสีขาวขนาดกว้างและยาวไม่เกิน ๑/๑๖ "⊥ ๓/๑๖" ไว้ เครื่องหมายนี้จะชี้แสดงว่ากระจกหน้าปัดของเครื่องวัดเคลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมหรือไม่

เครื่องหมายเหล่านี้ส่วนมากเป็นรูปลอก เครื่องหมายสีแดงและเขียวเป็นชนิดที่เรืองแสงได้ การติดเครื่องหมายกระทำได้ดังนี้

๑. ตรวจสอบระยะต่าง ๆ ที่ต้องการทำเครื่องหมายจากหนังสือคู่มือของ บ. นั้น ๆ

๒. เลือกสีที่ต้องการและแบบของ DECALCOMANIA (แผ่นเครื่องหมาย) ว่าต้องใช้แผ่นโค้งหรือตรง

๓. วางแผ่น DECALCOMANIA บนกระจกเครื่องวัดและตัดให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ

๔. ทาผิวกระจกที่จะติดเครื่องหมายด้วย VARNISH บาง ๆ ความกว้างของ VARNISH จะต้องกว้างกว่าเครื่องหมายที่จะติดเพียงเล็กน้อย

๕. จุ่ม DECALCOMANIA ในน้ำประมาณ ๑๐ วินาที แล้วเอาขึ้นทิ้งไว้ในอากาศประมาณ ๓๐ วินาที

๖. เลื่อนแผ่นกระดาษที่ติดอยู่กับเครื่องหมายออกและทาบเครื่องหมายบนพื้นที่ที่ต้องการติดซึ่งมี VAMISH ทาอยู่

๗. รีดฟองน้ำออกจากแผ่นเครื่องหมายให้หมด

๘. ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลาประมาณ ๓๐ นาที

๙. ทา VARNISH ลงบนเครื่องหมายนี้อีกครั้ง แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา ๑๒ ชม.ก่อนที่จะแตะต้องมัน

แผงเครื่องวัดและการติดตั้งเครื่องวัด

ผลของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นของ บ. ยังคงเป็นปัญหาสำคัญอันหนึ่ง ซึ่งวิศวกรยังคงต้องทำการค้นคว้าหาวิธีป้องกันมิให้เครื่องวัดและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่บอบบางเกิดการชำรุดเนื่องจากการสะเทือนของ บ. วิธีที่กระทำอยู่ในปัจจุบัน กระทำโดยใช้แหวนยางรองในการยึดแผงเครื่องวัดกับโครงสร้าง บ. และโดยการติดตั้งท่อยาง ผ้าใบที่อ่อนตัวได้กับทางด้านหลังเครื่องวัดแต่ละเรือน และจากปลายท่อทางอีกข้างหนึ่งจะสวมต่อกับท่อโลหะที่มาจากโครงสร้างของ บ. โดยปกติสายที่อ่อนตัวได้นี้มีความยาว ๑๒" – ๑๔" และยอมให้เคลื่อนตัวได้เป็นอิสระ

เครื่องวัดต่าง ๆ มีความแตกต่างในอันที่จะทนต่อการสั่นสะเทือนโดยไม่เกิดการสึกหรอหรือทำให้เกิดการทำงานไม่ถูกต้อง เช่น เครื่องวัดไจโรทิศทาง จะต้องได้รับการสั่นสะเทือนด้วย DYNAMIC AMPLITUDE ๐.๐๐๔ นิ้ว หรือ น้อยกว่า จึงให้ประสิทธิภาพดีที่สุด เครื่องวัดสูงจะทำงานมีประสิทธิภาพดีที่สุด จะต้องได้รับการสั่นสะเทือน ซึ่งมี DYNAMIC AMPLITUDE น้อยกว่า ๐.๐๑๐ นิ้ว แต่สำหรับเครื่องวัดความดันของไหลทุกชนิดจะทำงานได้แน่นอนจำเป็นจะต้องได้รับการสั่นสะเทือนในระหว่างการทำงาน การสั่นนี้จะทำให้ความฝืดภายในของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้หมดไปทำให้เข็มชี้แสดงค่าที่ถูกต้องได้มากกว่าการทำงานที่ไม่มีการสั่นสะเทือน ฉะนั้นในการทดลองเครื่องวัดที่พื้นโดยใช้เครื่องทดลอง C – 1 หรือ FIELD TESTER ใด ๆ ตามปกติจะต้องใช้นิ้วมือเคาะเครื่องวัดเบา ๆ เพื่อขจัดความฝืดของส่วนประกอบภายใน ถ้าในการทดลองเครื่องวัดถ้ามีความต้องการ การสั่นสะเทือนมาก ก็จะเป็นการแสดงให้ทราบว่าความฝืดภายในมีมากเกินไป

ถ้าในขณะใช้งานเครื่องวัดได้รับการสั่นสะเทือนมากเกินไปจะทำให้ DEARING ของเครื่องวัด SECTOR และชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้อื่น ๆ เกิดการชำรุดใช้งานไม่ได้ในระยะเวลาอันสั้นและจะทำให้เข็มชี้สั่นมากเกินไปเกิดความยุ่งยากในการอ่านเครื่องวัด

ตัวลดการสั่นสะเทือน (VIBRATION ABSORBER) จะมีตัวเลขประทับบอกไว้ ซึ่งเรียกว่า LOAD RATING ตัวเลขนี้แสดงแสดงน้ำหนักเป็น "ปอนด์" ที่จะทำให้ VIBRATION ABSORBER ยืดตัวออกไป ๑/๑๖" ± ๑/๖๔" โดยธรรมดา ABSORBER ใช้เป็นคู่ ฉะนั้นจำนวนที่ VIBRATION ABSORBER ยืดตัวออกได้จะเท่ากับ ๑/๘" ± ๑/๓๒" และเป็นการจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะเลือกใช้ VIBRATION ABSORBER ให้ถูกต้องในการลด การสั่นสะเทือนของแผงเครื่องวัดโดยอาศัยหนังสือคู่มือของ บ. นั้น ๆ เพราะแผงเครื่องวัดที่มีการสั่นสะเทือนน้อยมากเกินไปจะไม่ดีไปกว่าการประกอบแผงเครื่องวัดให้ยึดติดแน่นโดยตรงกับโครงสร้าง บ.

สาเหตุที่จะทำให้ VIBRATION ABSORBER ชำรุดเสื่อมคุณภาพเร็วเกินควรก็คือ การขาดความดูแลของช่างปล่อยให้น้ำมันเชื้อเพลิงหรือหล่อลื่นหรือน้ำมันเข็มทิศเปรอะเปื้อน หรือขังอยู่ใน VIBRATION ABSORBER ช่างจะตรวจดูให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อย สะอาด ไม่มีฝุ่น ละอองเศษโลหะหรือน้ำมันติดอยู่

สำหรับ บ. ที่มีการสั่นสะเทือนน้อยมาก เช่น บ. เจ็ตบางแบบ แผงเครื่องวัดจะต้องติดตั้ง VIBRATOR โดยปกติ VIBRATOR จะติดตั้งอยู่ที่แผงด้านหน้าของเครื่องวัดใช้กำลังไฟ 28 V.DC.

การบูรณะรักษา

ช่างเครื่องวัดจำเป็นจะต้องทราบขอบเขตในการรับผิดชอบของตน ว่ามีอะไรบ้างและควรจะบูรณะรักษาอย่างไร งานที่ต้องรับผิดชอบก็คือ เครื่องวัดซึ่งติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัดหรือความมุ่งหมาย ที่จะให้ชี้แสดงท่าทาง ความเร็วของ บ.ลักษณะของส่วนต่าง ๆ และระบบใด ๆ ที่จำเป็น ให้นักบินหรือผู้เกี่ยวข้องทราบ

อนึ่ง การรับผิดชอบนี้จะรวมถึงระบบของเครื่องวัด ซึ่งประกอบด้วยหน่วยที่แยกกันสองหน่วย หน่วยทั้งสองนี้ก็จะเป็น TRANSMITTER ตัวหนึ่ง และ INDICATOR ตัวหนึ่ง ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเลมือนเครื่องวัดทั้งสองหน่วย นอกจากนี้ MOUNTING BRACKET, SUPPORT และอุปกรณ์ที่ใช้ในการลดการสั่นสะเทือนเครื่องวัดที่ติดตั้งกับ บ. รวมทั้งท่อยาง สายไฟ อุปกรณ์ต่าง ๆ หรือส่วนประกอบอื่นใดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องวัด สิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวนี้จะอยู่ในความรับผิดชอบของช่างเครื่องวัดทั้งสิ้น

การบูรณะรักษาเครื่องวัดสามารถแบ่งออกได้เป็น ๓ ขั้น คือ

๑. ORGANIZATION MAINTENANCE เป็นการปฏิบัติงานของช่างเครื่องวัดประจำหมวดบินหรือการทำงานในหน่วยย่อย ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับเครื่องวัดและอุปกรณ์เครื่องวัดที่ทำได้ง่าย ๆ เช่น การถอดเปลี่ยนเครื่องวัด การทำความสะอาดท่อทางหรือการเปลี่ยนท่อทาง การทำความสะอาดเครื่องกรองฝุ่น เป็นต้น หรือการปรับเครื่องวัดโดยไม่ถอดเครื่องวัดจาก บ.

๒. FIELD MAINTENANCE ขอบเขตในการปฏิบัติต่อเครื่องวัดสำหรับขั้นนี้ก็คือนอกจากจะทำงานในขั้น ORGANIZATION MAINTENANCE แล้วให้ทำการซ่อมเครื่องวัดได้โดยเครื่องกลไกเครื่องวัดจะต้องไม่ถูกถอดออกในระหว่างทำการซ่อมหรือปรับ สถานที่สำหรับการบูรณะรักษาในขั้นนี้จะต้องประกอบด้วยเครื่องทดลองและอุปกรณ์ที่จะเป็นสำหรับการตรวจสอบเครื่องวัดหรืออุปกรณ์นั้น ๆ ภายหลังการตรวจหรือการปรับแลดงว่าเครื่องวัดจำเป็นจะต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนภายในหรือต้องทำการซ่อมใหญ่ ช่างเครื่องวัดในหน่วยนี้จะต้องส่งเครื่องวัดไปทำการซ่อมที่โรงงานการซ่อมเท่านั้น

๓. DEPOT MAINTENANCE คือสถานที่สำหรับทำการซ่อมใหญ่และปรับปรุงสภาพเครื่องวัด ซึ่งจำเป็นต้องทำการถอดชิ้นส่วนภายในเพื่อซ่อมหรือเปลี่ยน และจำเป็นต้องใช้เครื่องทดลองเครื่องมือพิเศษในการทำงานนี้

การถอดเครื่องวัดออกจากแผงเครื่องวัดจำเป็นจะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษในการหยิบถือเครื่องวัดเมื่อถอดออกให้ผูกป้ายติดทันที ถ้าจะส่งเครื่องวัดเข้าซ่อมให้ห่อเครื่องวัดด้วยกระดาษชนิดนุ่มแล้วบรรจุเครื่องวัดลงในกระป๋องพิเศษที่จัดเตรียมไว้ เครื่องวัดที่บรรจุอยู่ในกระป๋องจะต้องไม่แกว่งคลอนแคลนได้โดยมีกระดาษนุ่มๆ หรือสิ่งกันกระเทือนอัดแน่นระหว่างเครื่องวัดกับกระป๋องเพื่อกันการกระเทือน

เครื่องวัดที่ใช้งานได้ซึ่งเก็บไว้โดยมิได้ใช้งาน จะต้องนำส่งตรวจที่โรงงานการซ่อม ชอ. ตามระยะเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องวัดนั้น ๆ ซึ่งช่างจะดูอายุการเก็บเครื่องวัดไว้ได้ที่แผ่นป้ายสีเหลืองที่ผูกติดอยู่กับเครื่องวัด

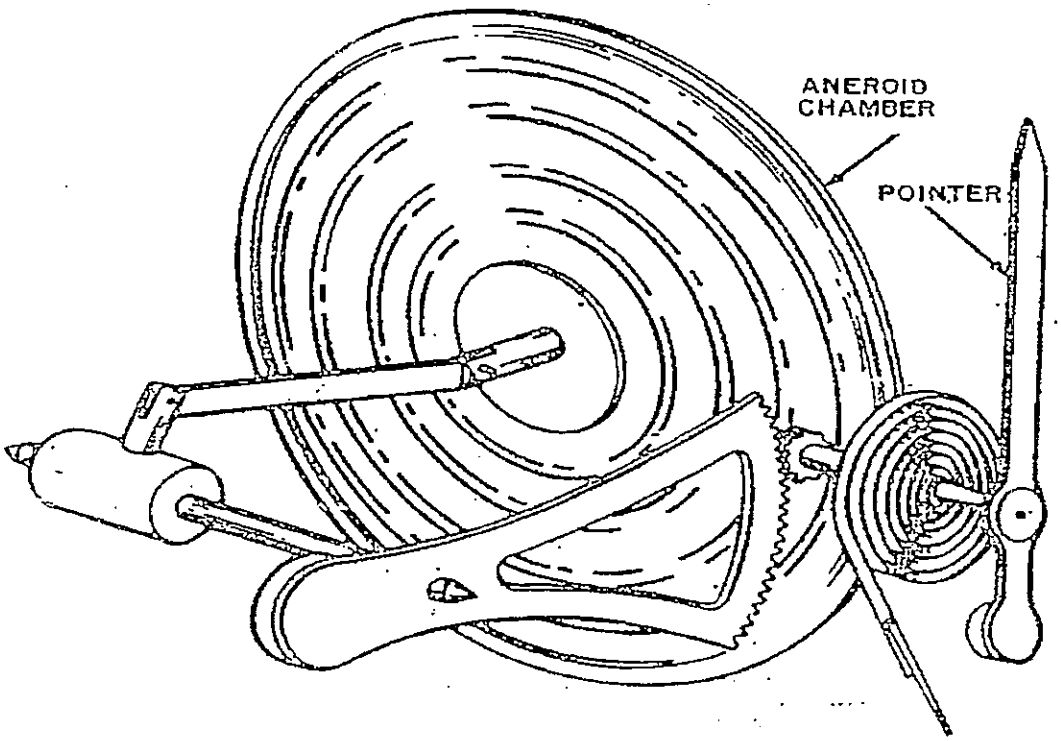
เครื่องวัดความดัน

เครื่องวัดความดัน คือเครื่องวัดที่สร้างขึ้นให้ทำงานโดยการอำนวยของความดันที่ต้องการวัดเครื่องวัดนี้จะชี้แสดงความดันของระบบต่าง ๆ ที่ต้องการทราบว่าทำงานถูกต้องตามเกณฑ์หรือไม่กลไกของเครื่องวัดจะให้ค่าออกมาเป็นนิ้วปรอทหรือต่อตารางนิ้ว จากค่าทั้งสองนี้เรานำมาแบ่งขีดสเกลหน้าปัดให้อ่านออกมาในลักษณะต่าง ๆ เช่น ระยะสูง ความเร็ว ฯลฯ

ความดันที่ถูกวัดโดยเครื่องวัดชนิดความดันมีอยู่ ๒ อย่าง คือ ABSOLUTE และ PRESSURE DIFFERENTIAL PRESSURE.

๑. ABSOLUTE PRESSURE คือ ความดันแท้ ๆหรือความดันรวมทั้งหมดที่นำมาใช้ หรือจะพูดอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นความดันของสถานที่หรือจุดตำบลนั้น ๆ โดยตรงไม่นำไปเปรียบเทียบกับความดันอื่น อุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันที่โดยทั่ว ๆ ไปใช้ ANEROID

ANEROID มีลักษณะเป็นรูปจานโลหะกลมบางๆ (หนาประมาณ ๐.๐๐๔ นิ้ว) ๒ แผ่น มีผิวเป็นวงคลื่น นำมาประกอบบัดกรีขอบให้ติดกัน ภายในดูดอากาศออก ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าความดันที่นำมากระทำให้ ANEROID ขยายตัวหรือหุบตัวนั้นขึ้นอยู่กับความดันอากาศภายนอก เครื่องวัดความดันชนิดนี้จะชี้แสดงความดันที่มีอยู่ในขณะนั้น



๒. DIFFERENTIAL PRESSURE

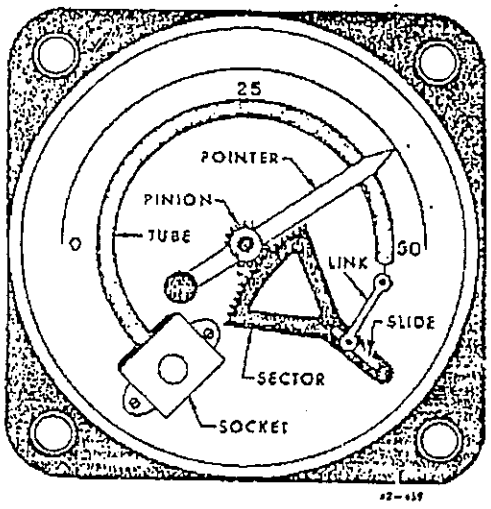
คือ ความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกที่กระทำต่ออุปกรณ์ที่ใช้วัดหรือจะพูดว่าเป็นความดันแตกต่างระหว่างความดันที่นำมาใช้กับความดันบรรยากาศ อุปกรณ์ที่ใช้วัดได้แก่ BOURDON TUBE, DIAPHRAGM และ BELLOW

๒.๑ BOURDON TUBE เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันที่สูงกว่าไดอะแฟรมและ BELLOW หลักการของ BOURDON TUBE ชาวฝรั่งเศสชื่อ EUGENE BOURDON ได้ค้นพบเมื่อปี ค.ศ. ๑๘๕๐ เขาพบว่าในการเปลี่ยนรูปของขอท่อทองแดงจากรูปทรงกระบอกให้เป็นรูปหน้าไข่และให้ความดันผ่านเข้าไปในท่อ ขดท่อรูปไข่นี้จะคลายตัวออกเป็นปฏิภาคกับความดันที่ใช้

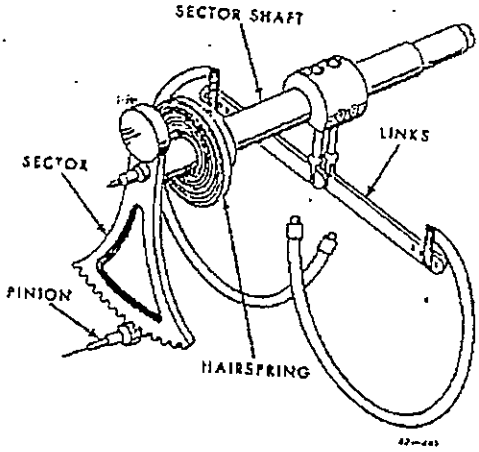
ท่อ BOURDON สร้างด้วยโลหะที่เมื่อได้รับการอบอ่อนแล้วมีคุณสมบัติเป็นสปริง เช่น ทองเหลือง บรอนซ์ หรือ BERYLLIUM COPPER ทำเป็นท่อลักษณะรูปหน้าตัดเป็นรูปไข่หรือมีผิวด้านนอกโค้งนูนด้านในเรียบ (เพื่อให้แรงกระทำบนพื้นที่ด้านนอกมากกว่าด้านใน) สร้างให้โค้งเป็นรูปครึ่งวงพระจันทร์ หรือรูป CURVE ปลายทางด้านหนึ่งเปิดส่วนอีกทางด้านหนึ่งปิด ปลายทางด้านที่เปิดเป็นทางที่จะรับความดันเข้ามายึดติดแน่นกับตัวเรือนเครื่องวัดเคลื่อนที่ไม่ได้ ส่วนปลายทางด้านที่ปิดเคลื่อนที่ได้เป็นอิสระยึดอยู่กับ LINK เมื่อของไหลเข้ามาทางปลายที่เปิดจะเป็นเหตุให้เกิดความดันขึ้นทางปลายที่ปิด ทำให้ท่อยืดตัวออกไป การเคลื่อนที่ของท่อ BOURDON จะทำให้ LINK เคลื่อนที่ไปในแนวตรงซึ่งจะอำนวยให้ ROCKING SHAFT และ SECTOR เคลื่อนที่ไปในแนวหมุน PINION ซึ่งมีฟันกินอยู่กับ SECTOR จะเคลื่อนที่ตามไปด้วย ทำให้เข็มชี้ซึ่งมีแกนยึดติดกับ PINION ชี้แสดงความดันบนสเกลหน้าปัทม์

ดังกล่าวมาแล้ว ท่อ BOURDON ทำงานโดยการวัดความแตกต่างของความแตกต่างของความดันภายในและภายนอกท่อ ฉะนั้นในการที่เครื่องวัดจะอ่านได้ถูกต้อง ความดันที่อยู่รอบ ๆ ท่อจึงเป็นความดันที่มีความสำคัญเท่ากับความดันภายในท่อ สำหรับตัวเรือนชนิด AIRTIGHT -------- ด้านหลังตัวเรือนจะมีท่อทางออก ๒ ทาง ทางหนึ่งสำหรับต่อกับท่อทางความดันที่ต้องการวัด อีกทางหนึ่งสำหรับต่อให้ความดันบรรยากาศภายนอกเข้าตัวเรือนเครื่องวัด ถ้าตัวเรือนเป็นชนิด RAINTIGHT ด้านหลังตัวเรือนจะมีท่อทางออกทางเดียวสำหรับต่อกับท่อทางความดันที่ต้องการวัด ส่วนความดันรอบๆ ท่อ BOURDON จะเป็นความดันภายในห้องนักบินซึ่งจะเข้ามาภายในตัวเรือนเครื่องวัดทางรูที่เจาะไว้ที่ตัวเรือนเครื่องวัด

การทำงานของกลไกเครื่องวัดที่บรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิด AIRTIGHT จะทำงานคลาดเคลื่อนถ้าหากตัวเรือนเครื่องวัดรั่ว ฉะนั้นเพื่อที่จะตัดปัญหาการรั่วของตัวเรือนชนิด AIRTIGHT ในปัจจุบันบริษัทผู้สร้างจึงได้สร้างให้กลไกเครื่องวัดบรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิด RAIN TIGHT โดยการนำท่อ BOURDON ๒ ท่อมาต่อเข้าเป็นกลไกเดียวกัน ทำให้สามารถอ่านความแตกต่างระหว่างความดันที่นำมาใช้กับความดันบรรยากาศได้โดยไม่คำนึงถึงความดันภายในห้องนักบินที่เข้ามาอยู่รอบ ๆ กลไกเครื่องวัด



. Typical Bourdon tube pressure gage.

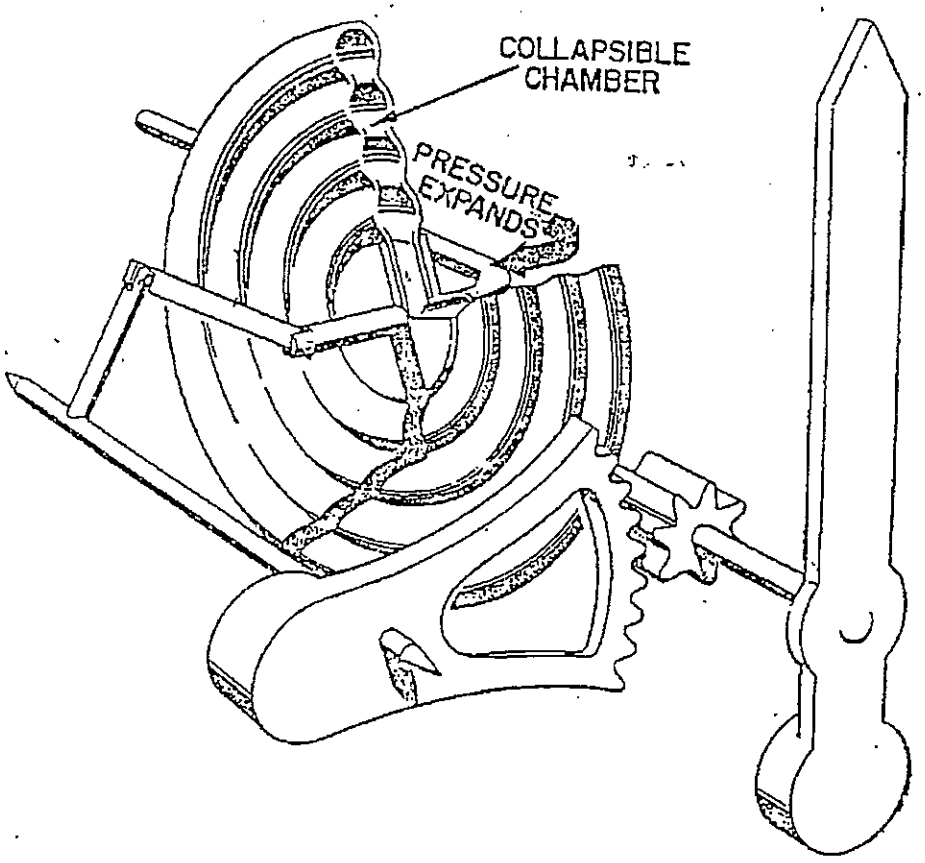


Dual linkage arrangement with Bourdon tube.

ตามรูปแสดงการต่อท่อ BOURDON ๒ ท่อ ประกอบกันโดยต่อทางด้านปลายที่ปิดของท่อ BOURDON ทั้งสองด้วย LINK ส่วนทางด้านที่เปิดของ BOURDON ทั้งสองยึดอยู่กับที่ถ้าความดันภายในท่อ BOURDON ทั้งสองเท่ากันจะไม่มีการเคลื่อนที่ทางด้านที่เคลื่อนที่ได้เพราะความดันของท่อ BOURDON ทั้งสองเท่ากันและตรงกันข้าม เมื่อรวมกันจะเป็นศูนย์แต่ถ้าเกิดความแตกต่างของความดันภายในท่อ BOURDON ทั้งสอง ก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไปในทิศทางของความดันที่สูงกว่า การเคลื่อนที่ในแนวตรงของ LINK ซึ่งต่ออยู่กับท่อ BOURDON ทั้งสองจะเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่ในแนวหมุนของเข็มชี้ โดยขณะที่เคลื่อนที่ไปทางขวาหรือซ้าย ตามความแตกต่างของความดันภายในท่อ BOURDON, SHAFT ซึ่งหมุนอยู่ใน JEWEL BEARING จะทำให้ SECTOR เคลื่อนที่ไปและ PINION ซึ่งมีฟันกินอยู่กับ SECTOR จะหมุนทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ชี้แสดงค่าความดันที่เกิดขึ้น

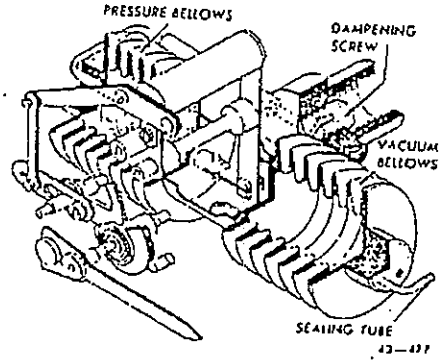
๒.๒ DIAPHRAGM ตามปกติใช้กับเครื่องวัดที่ต้องการวัดความดันต่ำ ๆ ประมาณ ๑/๔ ปอนด์ต่อตารางนิ้วไดอะแฟรม มีลักษณะเป็นจานโลหะกลมบางๆ (หนาประมาณ ๐.๐๐๔ นิ้ว) ๒ แผ่น นำขอบของแผ่นทั้งสองมาบัดกรีให้ติดกัน ผิวหน้าของไดอะแฟรมเป็นวงลูกลื่น (เพื่อที่จะทำให้อ่อนตัวได้) ด้านหนึ่งของไดอะแฟรมเจาะเป็นรู เปิดสำหรับเป็นทางให้ความดันเข้า ไดอะแฟรมจะขยายตัวหรือหุบตัวเป็นปฏิภาคกับความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกที่มากระทำต่อไดอะแฟรม ฉะนั้น จะเห็นได้ว่าไดอะแฟรมจะทำหน้าที่วัดความแตกต่างของความดัน

ตามรูปเป็นไดอะแฟรมและกลไกแบบ Linkage ซึ่งต่อไปอำนวยให้เข็มชี้ทำงาน กลไกของ LINKAGE จะทำหน้าที่คูณและเปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวตรงของไดอะแฟรมเป็นการเคลื่อนที่ในแนวหมุนของเข็มชี้ สายใยจะทำหน้าที่ป้องกันการตีกลับของกลไก



. *Diaphragm pressure vapo mechanism.*

BELLOW มีลักษณะเป็นหีบเพลง ด้านหนึ่งปิด ส่วนอีกด้านหนึ่งเปิดสำหรับให้ความดันเข้ายึดติดแน่นกับตัวเรือน ความดันที่เข้ามาภายใน BELLOW และความดันที่อยู่รอบ ๆ BELLOW จะทำให้ BELLOW อ่านค่าความดันที่แตกต่าง



43—437

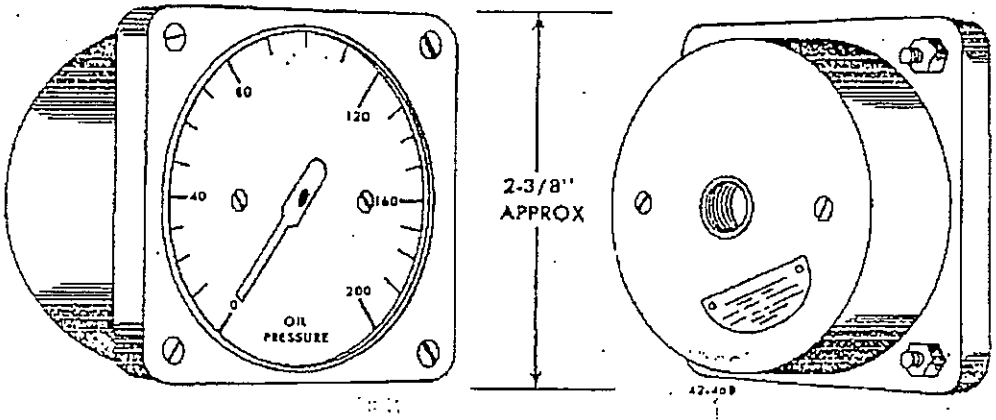
I. Typical dual bellows assembly.

<u>หมายเหตุ</u> ทั้งไดอะแฟรม และ BELLOW อาจจะนำมาใช้วัด ABSOLUTE PRESSURE ได้โดยการดูดอากาศออกจากไดอะแฟรม และ BELLOW ให้เป็นสุญญากาศแล้วผนึกแน่นไดอะแฟรม และ BELLOW จะมีลักษณะเหมือนกับ ANEROID อุปกรณ์นี้จะอ่านค่าออกมาเป็น ABSOLUTE PRESSURE เมื่อนำมาบรรจุอยู่ภายในตัวเรือนชนิด AIRTIGHT และอาจจะใช้ตัวเรือนชนิด RAINTIGHT แทนตัวเรือนชนิด AIRTIGHT ได้โดยการประกอบกลไกดังนี้

ตามรูป แสดงกลไกของเครื่องวัดชนิด BELLOW ๒ อันโดย BELLOW ทั้งสองที่นำมาต่อถึงกันนี้จะต้องมีพื้นที่เท่ากันและอยู่ในแนวตรงกันข้าม BELLOW อันหนึ่งทำให้เป็นสุญญากาศและผนึกแน่นไว้ ส่วน BELLOW อีกอันหนึ่งมีทางติดต่อกับบรรยากาศภายนอก กลไกที่ต่อไปอำนวยเข็มชี้ต่ออยู่ระหว่าง BELLOW ทั้งสอง ความแตกต่างของความดันภายใน BELLOW จะทำให้ BELLOW อันหนึ่งขยายตัวทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ เหตุที่ใช้กับตัวเรือนชนิด RAINTIGHT ได้ เพราะว่า BELLOW ทั้งสองมีพื้นที่เท่ากัน และติดตั้งอยู่ในทิศทางตรงกันข้าม ฉะนั้นความดันภายในห้องนักบินที่เข้ามาภายในตัวเรือนเครื่องวัดจะไม่เป็นเหตุทำให้ BELLOW เกิดการไม่สมดุลย์ขึ้น เนื่องจากความดันนี้กระทำต่อผิวของ BELLOW ทั้งสองเท่ากัน การเคลื่อนที่ของ BELLOW ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันภายใน Bellow ภายในใน BELLOW ทั้งสองเท่ากัน

๓. เครื่องวัดความดันน้ำมันหล่อลื่น (OIL PRESSURE GAGE)

อากาศยานจำเป็นต้องมีสูบน้ำมันหล่อลื่น เพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อลื่นส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการหล่อลื่นโดยถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด ความดันนี้จะถูกบังคับโดย RELIEF VALVE ซึ่งจะเปิดเมื่อความดันเกินเกณฑ์ เครื่องวัดจะติดตั้งให้อ่านหลังจากที่หล่อลื่นผ่าน RELIEF VALVE แล้ว ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน เครื่องวัดจะชี้แสดงให้นักบินหรือช่างทราบถึงการขัดข้องของเครื่องยนต์ที่อาจจะเกิดขึ้น เนื่องจากความดันน้ำมันหล่อลื่นไม่พอในการใช้งาน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะท่อทางแตกชำรุดหรือสูญเสีย



Typical oil pressure gage.

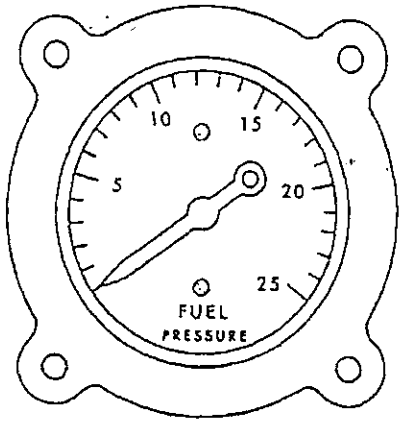
หลักการสร้างเครื่องวัดนี้เหมือนกับเครื่องวัดชนิด BOURDON ดังที่ได้อธิบายแล้ว น้ำมันหล่อลื่นเข้ามาทางปลายที่เปิดของ BOURDON จะดันให้ BOURDON ขยายตัวออกไปอำนวยเข็มชี้ของเครื่องวัดให้ทำงาน หน้าปัดของเครื่องวัดแบ่งสเกลออกเป็น ปดน. ที่ใช้กันส่วนมากมีระยะ ๑ – ๒๐๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เครื่องวัดติดตั้งอยู่ในหมู่เครื่องวัดทางเครื่องยนต์ ใกล้ ๆ กับเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ท่อทางหล่อลื่นที่ต่อเข้าเครื่องวัดมีเครื่องหมายสีเหลือง

การต่อท่อทางของระบบนี้มีข้อที่ควรคำนึง ท่อทางตรงตำบลซึ่งจะต่อเข้าตัวเรือนเครื่องวัดจะเล็กกว่าท่อทางที่ต่อกับสูบน้ำมันหล่อลื่น ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะให้เข็มชี้ของเครื่องวัดชี้เรียบที่สุด เพราะถ้าท่อทางความดันหล่อลื่นเท่ากันตลอด เข็มชี้อาจจะสั่นเนื่องจากการทำงานของสูบและ PRESSURE REGULATOR ในทางปฏิบัติเราใช้ RESTRICTOR (ตัวลดความดัน) ซึ่งเป็นข้อต่อสั้นๆ ปลายทั้งสองข้างเป็นเกลียว เจาะรูเล็ก ๆ ผ่านตลอด ปลายข้างหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องวัด ส่วนอีกข้างหนึ่งต่อกับ ท่อทางที่มาจากสูบ RESTRICTOR จะช่วยให้กลไกของเครื่องวัดทำงานเรียบ ทำให้เข็มชี้ของเครื่องวัดไม่สั่น สามารถอ่านการชี้แสดงของเครื่องวัดได้แน่นอน

ในที่มีอากาศหนาวจัด หลังจากที่เครื่องยนต์เริ่มทำงาน อาจจะต้องระเป็นเวลาหลายวินาทีกว่าที่เครื่องวัดจะชี้แสดงความดันน้ำมันหล่อลื่น ทั้งนี้เพราะ RESTRICTOR ที่ประกอบอยู่กับตัวเรือนเครื่องวัดและท่อทาง ฉะนั้นในระยะเวลาที่เครื่องวัดยังไม่ชี้แสดงตามเกณฑ์ช่างจะต้องคอยระวังอย่าให้ระยะเวลานี้เกินกว่าเวลาที่เครื่องยนต์นั้นกำหนด ถ้าเกินจะต้องดับเครื่องยนต์ทันที เพื่อช่วยให้เครื่องวัดอ่านได้เร็วขึ้นในขณะที่มีอากาศหนาวจัด ทำได้โดยถอดท่อทางที่ตัวเรือนเครื่องวัด และใช้น้ำมันหล่อลื่นชนิดใสเทลงให้เต็มท่อทางน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้นี้จะต้องดูว่าเป็นน้ำมันหล่อลื่นชนิดที่ผสมกับน้ำมันหล่อลื่นเดิมได้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน โดยทั่ว ๆ ไปใช้น้ำมันเข็มทิศหรือน้ำมันหล่อลื่นเครื่องวัด ซึ่งจากการทดลองน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ผสมกับน้ำมันทั้งสองชนิดดังกล่าวได้ดี

๔. เครื่องวัดความดันน้ำมันเชื้อเพลิง (FUEL PRESSURE GAGE)

เครื่องวัดความดันเชื้อเพลิง คือเครื่องวัดที่ติดตั้งเพื่อให้ชี้แสดงความดันของระบบเชื้อเพลิงซึ่งจะแสดงให้นักบินหรือช่างทราบถึงข้อขัดข้องที่เกิดจากสูบเชื้อเพลิงเสียหรือท่อทางแตกชำรุดกลไกของเครื่องวัดมีความไวพอที่จะแสดงให้ทราบเมื่อมีอากาศเข้ามาภายในท่อทางโดยเข็มชี้จะส่ายซึ่งจะต้องดับเครื่องยนต์ และทำการไล่อากาศออกให้หมด

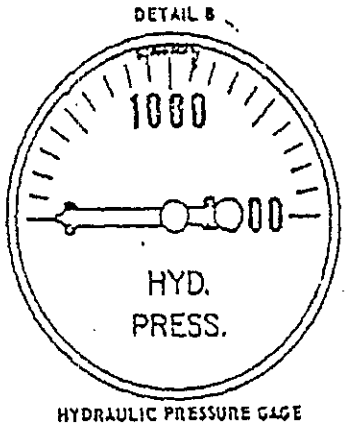


Typical fuel pressure gauge

<u>ส่วนประกอบ</u> ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ท่อ BOURDON และกลไกคูณ มีการทำงานดังได้อธิบายมาแล้ว เครื่องวัดนี้เป็นเครื่องวัดที่ใช้วัดความดันแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกท่อ BOURDON ดังนั้นตัวเรือนเครื่องวัดจึงจำเป็นจะต้องมีทางให้ความดันเข้า ๒ ทาง ซึ่งตามปกติจะมีอักษรเขียนกำกับไว้ที่รูทางออกทั้งสองด้านหลังตัวเรือนคือ " P " หมายถึงท่อทางของเชื้อเพลิง " V " หมายถึงท่อทางที่ต่อกับบรรยากาศภายนอกเข้ามายังตัวเรือนเครื่องวัด สำหรับ บ. ที่ไม่มี Supercharger ท่อทาง " V " จะปล่อยทิ้งไว้เป็นทางระบายให้ความดันภายในห้องนักบินเข้าตัวเรือนเครื่องวัด สำหรับ บ. ที่มี Supercharger " V " - (จะต้องต่อกับความดัน) จะต้องต่อกับความดันของอากาศของภายใน CHAMBER ของ SUPERCHARGER ซึ่งเป็นอากาศที่จะเข้าไปยังคาร์บุเรเตอร์ ประการสำคัญที่ควรจำไว้ก็คือ "เครื่องวัดนี้จะต้องใช้วัดความแตกต่างของความดันเชื้อเพลิง และอากาศที่จะไปเข้าคาร์บุเรเตอร์"

บริษัทผู้ผลิตบางบริษัท การกำหนดเครื่องหมาย " P " และ " V " อาจจะเขียนคำว่า "FUEL" และ " AIR " แทนให้เข้าใจว่า "FUEL" หมายถึง " P " และ " AIR " หมายถึง " V "

ด้านหน้าของเครื่องวัดมีหน้าปัดแบ่งสเกลบอกเป็น บตน. ที่มีใช้กันอยู่มีระยะสเกล ๐ – ๑๐ ปตน. ๐ – ๒๕ ปตน. ๐ – ๓๕ ปตน. เครื่องวัดนี้มีโครงสร้างแข็งแรงไม่ชำรุดง่ายแต่ก็มีข้อที่ช่างนักบินควรระมัดระวังในการใช้งาน คือ ในการใช้ HAND FUEL PUMP เพื่อช่วยเพิ่มความดันของเชื้อเพลิงให้สูงขึ้น ช่างหรือนักบินจะต้องระวังอย่าให้ความดันเชื้อเพลิงเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เพราะจะเป็นเหตุให้กลไกเครื่องวัดชำรุด



HYDRAULIC PRESSURE GAGE

[illegible]	600 psi	One Brake Apolication Remaining
[illegible]	900–1150 psi	Normal
[illegible]	1150 psi	Max

๕. เครื่องวัดความดันไฮดรอลิค (HYDRAULIC PRESSURE GAGE)

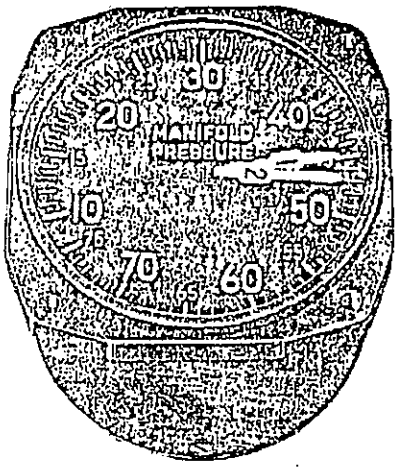
ในปัจจุบันระบบไฮดรอลิค ได้ถูกนำมาใช้กับ บ. อย่างกว้างขวางโดยใช้ในการทำงานของเครื่องกลไกที่สำคัญ ๆ เช่น LANDING GEAR,FLAP,BOMB DOON, AIR BRAKES. AILERON BOOST เป็นต้น เพื่อที่จะให้การทำงานนั้น ๆ แน่นอนและปลอดภัย จึงได้ทำการติดตั้งเรื่องวัดความดันไฮดรอลิคขึ้น ซึ่งจะชี้แสดงให้ทราบถึงการทำงานตามปกติของระบบนี้และจะแสดงการผิดพลาดต่าง ๆ เนื่องจากท่อทางแตก น้ำมันไฮดรอลิคไม่พอ หรือสูบเสียกลไก ซึ่งส่วนมากระบบไฮดรอลิคสามารถจะใช้มือทำงานแทนได้ในเมื่อเกิดข้อขัดข้องในระบบไฮดรอลิค

เครื่องวัดความดันไฮดรอลิคเป็นเครื่องวัดชนิดความดันแตกต่าง อุปกรณ์ที่ใช้คือ ท่อ BOURDON ท่อ BOURDON ที่ใช้กับเครื่องวัดนี้อ่อนตัวหรือเป็นสปริงได้น้อยกว่าเครื่องวัดที่ใช้ท่อ BOURDON อื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วเนื่องจากต้องใช้กับความดันที่สูงมากกว่าระยะสเกลหน้าปัทม์โดยทั่ว ๆ ไป มีระยะ ๐ – ๒,๐๐๐ ปตน. เครื่องวัดติดตั้งอยู่ในที่เห็นได้ง่ายโดยปกติติดตั้งอยู่ใกล้แผงเครื่องวัด ท่อทางไฮดรอลิคที่มาต่อเข้าเครื่องวัด มีเครื่องหมายสีน้ำเงินแสดงให้ทราบ

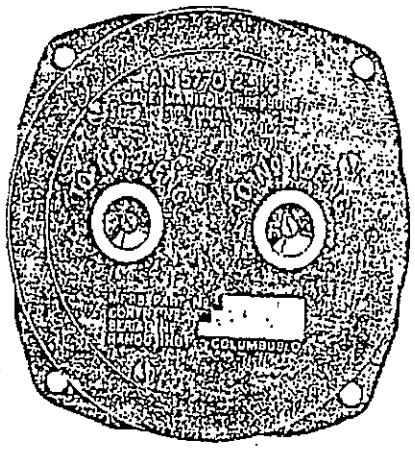
โดยทั่วๆ ไปสาเหตุที่เครื่องวัดไม่ชี้แสดงตามเกณฑ์กำหนดของระบบส่วนมากไม่เกิดจาเครื่องวัดชำรุด แต่จะเกิดขึ้นจากระบบที่มาต่อกับเครื่องวัด เช่น การชี้แสดงต่ำกว่าเกณฑ์ของเครื่องวัดอาจจะเป็นเพราะเกิดรั่วที่ใดที่หนึ่งในระบบนั้น

๖. เครื่องวัดความอัดไอดี (MANIFOLD PRESSURE GAGE)

เครื่องวัดความอัดไอดีเป็นเครื่องวัดที่ชี้แสดง ABSOLUTE PRESSURE ที่มีอยู่ในท่อทางไอดีของเครื่องยนต์ชนิดเผาไหม้ภายใน เครื่องวัดนี้จะทำหน้าที่ชี้แสดงให้นักบินหรือ FLIGHT ENGINEER ใช้ SUPERCHARGER ได้โดยถูกต้อง การใช้ความดันสูงเกินไปในเมื่อทำการบินที่ระยะต่ำจะเกิดผลร้ายแรงแก่ บ. และการใช้ความดันน้อยเกินไป เมื่อ บ. บินอยู่ที่ระยะสูงเครื่องยนต์จะอ่อนกำลัง เมื่อเครื่องยนต์ไม่ทำงานเครื่องวัดจะชี้แสดงความดันบรรยากาศของสถานที่นั้น เมื่อเครื่องยนต์ทำงานและใช้ Supercharger เครื่องวัดความอัดไอดีจะชี้แสดงความดันของส่วนผสมเชื้อเพลิง (เชื้อเพลิงบวกอากาศ) สเกลหน้าปัดอ่านเป็น IN.HG.ABSOLUTE เครื่องวัดที่มีใช้กันอยู่ในขณะนี้มีระยะสเกลการอ่าน ๑๐ – ๕๐ นิ้วปรอท



—Type AN5770-2-12
(Ranco part No. 31854-12, having pointers and dial finished per Spec. 14102, color No. 1)
Pointers "1" and "2"
Dial Range—10 to 75 in. Hg



—Rear View
(Ranco part Nos. 31854-12, and American Meter Co. part No. M-18313-12)

ตัวเรือนเครื่องวัดความอัดไอดีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ ๒ แบบ คือ

๑. ตัวเรือนชนิด AIRTIGHT มีท่อทางต่อจากตัวเรือนไปยังตำแหน่งที่บริษัทสร้าง บ. กำหนดให้ต่อกับท่อทางไอดีของเครื่องยนต์ กลไกเครื่องวัดประกอบด้วย DIAPHRAGM หรือ BELLOW ซึ่งเป็นลุญญากาศยึดอยู่กับกลไกคูณซึ่งจะอำนวยการเคลื่อนที่ของไดอะแฟรม หรือ BELLOW ไปยังเข็มชี้ให้เคลื่อนที่ไปบนสเกลหน้าปัดตามการเปลี่ยนแปลงของความดันที่เกิดขึ้น

๒. ตัวเรือนชนิด RAINTIGHT เป็นแบบที่มีใช้กันมากกว่าแบบแรก ประกอบด้วย BELLOW ๒ อันมีพื้นที่เท่ากันต่อให้ทำงานตรงกันข้าม BELLOW อันหนึ่งภายในเป็นสุญญากาศ ส่วน BELLOW อีกอันหนึ่งต่อกับท่อทางออกมายังหลังตัวเรือนเครื่อง วัดความอัดไอดีที่จะเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จะถูกต่อเข้ามา BELLOW อันนี้ BELLOW ทั้งสองต่อถึงกันโดย SPACER SLEEVE การเพิ่มหรือลดความอัดไอดี – จะเป็นเหตุให้ BELLOW ที่มีความอัดเข้ามาเคลื่อนที่ไปปะทะกับ BELLOW ที่เป็นสุญญากาศ ทำให้อ่านค่าออกเป็น ABSOLUTE PRESSURE การเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศที่อยู่รอบ ๆ BELLOW ทั้งสองจะไม่เป็นเหตุที่จะทำให้ BELLOW ทั้งสองเกิดการไม่สมดุลย์ ดังที่อธิบายมาแล้วแต่ต้น เมื่อเครื่องยนต์ไม่ทำงาน ความดันบรรยากาศของสถานที่นั้นซึ่งอยู่ภายใน SUPERCHARGER จะเข้ามาทาง BELLOW อันที่เปิดซึ่งจะกระทำต่อ BELLOW อันที่เป็นสุญญากาศทำให้เครื่องวัดชี้แสดงความดันบรรยากาศของสถานที่นั้น

<u>การติดตั้ง</u> เครื่องวัดจะต้องติดตั้งไว้ใกล้กับเครื่องวัดรอบเท่าที่จะใกล้ได้ เพราะเครื่องวัดทั้งสองนี้จำเป็นจะต้องอ่านร่วมกัน เพื่อใช้ในการคำนวณหากำลังแรงม้าของเครื่องยนต์ที่ใช้งานเพื่อให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพดีที่สุด เครื่องหมายของท่อทาง สีขาว – น้ำเงิน

<u>การบูรณะรักษา</u> ที่ด้านหลังของตัวเรือนเครื่องวัดทางที่จะให้ความอัดไอดีเข้าจะมี DAMPING SCREW ประกอบติดอยู่ก่อนที่จะยอมให้ความอัดไอดีเข้า DAMPING SCREW ติดตั้งไว้เพื่อป้องกันการส่ายของเข็มเครื่องวัด เพราะความอัดที่เข้ามาจะเป็นคลื่น เนื่องจากการปิดเปิดของลิ้นไอดีหรืออาจจะเกิดขึ้นโดยการตีกลับของเครื่องยนต์

นอกจาก DAMPING SCREW แล้วในการลดความดันที่เป็นคลื่นนี้ ที่รูทางด้านหลังเครื่องวัดต่อกับตัว RESTRICTOR ก่อนที่จะต่อกับท่อทาง และเนื่องจากความอัดไอดีเป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศ ฉะนั้นจะมีบางส่วนจับอยู่กับท่อทางจำเป็นต้องมีการทำความสะอาดท่อทางบ่อย ๆ เพื่อมิให้เครื่องวัดอ่านคลาดเคลื่อน ซึ่งกระทำได้โดยการติดตั้ง PURGE VALVE ไว้ที่ห้องนักบิน การทำความสะอาดให้เปิด PURGE VALVE ภายหลังที่ทำการติดเครื่องยนต์และในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาเท่านั้น โดยเปิดลิ้นนี้ประมาณ ๓๐ วินาที ความชื้นหรือสิ่งสกปรกที่มีอยู่ภายในท่อทางจะถูกขับออกทางลิ้นนี้จนหมด เมื่อปิด PURGE VALVE เครื่องวัดจะชี้แสดงความดันที่แท้จริงเข้าไปในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ พึงจำไว้ว่าเมื่อเครื่องยนต์เดินเบา เครื่องวัดจะชี้แสดงความดันที่ต่ำกว่าบรรยากาศในขณะนั้นโดยจะชี้อ่านประมาณ ๑๕ – ๒๐ นิ้วปรอท ซึ่งเป็นการทำงานตามปกติของเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบา ทั้งนี้เพราะว่าที่รอบเดินเบา THROTTLE อยู่ที่ตำแหน่งเกือบจะปิดส่วนผสมเชื้อเพลิงเข้ากระบอกสูบน้อย แรงดูดภายในกระบอกสูบจะกระทำให้เกิด SUCTION ขึ้นภายในท่อทางไอดี

เมื่อรอบเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เข็มชี้แสดงเครื่องวัดจะชี้เพิ่มขึ้นอย่างเรียบ ๆ เป็นปฏิภาคกับรอบของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น ถ้าเข็มชี้ช้าหรือไม่ขึ้น โดยปกติจะเนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง ดังนี้

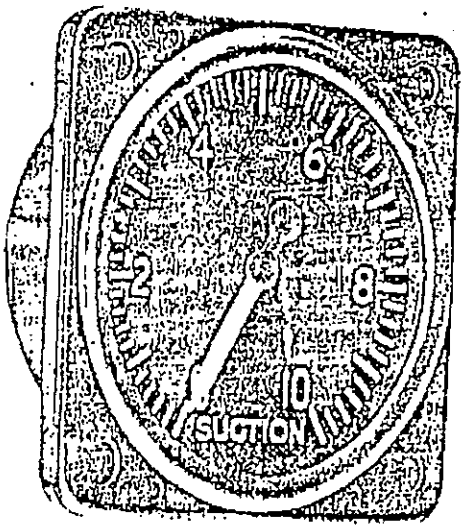
๑. Restrictor ซึ่งต่อกับตัวเรือนเครื่องวัดเล็กเกินไป

๒. ท่อทางจากเครื่องยนต์มาเข้าเครื่องวัดตันหรือรั่ว

๓. ขนาดหรือความโตของท่อเล็กมาก เมื่อคิดเทียบกับความยาวของมัน

โดยทางตรงกันข้าม ถ้าเข็มชี้ชี้กระโดนหรือไม่แน่นอน เมื่อรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นก็อาจจะเป็นเพราะ RESTRICTOR โตเกินไป

๗. เครื่องวัดแรงดูด (SUCTION GAGE)



Suction Gages

เครื่องวัดแรงดูดติดตั้งกับ บ. เพื่อความมุ่งหมายให้ชี้แสดงให้นักบินหรือช่างทราบว่าแรงดูดที่ต้องการใช้กับเครื่องวัดที่ทำงานอยู่ในระบบสูญญากาศ มีพอที่จะทำให้เครื่องวัดทำงานถูกต้องหรือไม่ เครื่องวัดนี้เป็นเครื่องวัดชนิดวัดความแตกต่างของความดันภายนอกและภายในอุปกรณ์ที่ใช้วัดซึ่งได้แก่ ท่อ BOURDON, DIAPHRAGM หรือ BELLOW เครื่องวัดมีระยะสเกล ๐ – ๑๐ นิ้วปรอท

หลักการทำงานของเครื่องวัดมีอยู่ว่า เมื่อเกิดการลดความดันโดย VACUUM PUMP จะทำให้ท่อ BOURDON, DIAPHRAGM หรือ BELLOW ของเครื่องวัดหุบตัวลง การเคลื่อนที่ในแนวตรงของ LINK จะเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่ในทางหมุนของ SECTOR ทำให้ PINION หมุนตามไปด้วยเข็มชี้ซึ่งติดอยู่กับแกน PINION จะเคลื่อนที่ไปบนสเกลหน้าปัด

ตัวเรือนเครื่องวัดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะพบว่ามีทั้งที่มีรูทางออกทางด้านหลังตัวเรือนเครื่องวัดรูเดียว (SINGLE VENT) และสองรู (DOBLE VENT)

<u>แบบ SINGLE VENT SUCTION GAGE</u> มีรูทางออกทางเดียว ตัวเรือนเครื่องวัดจะเป็นชนิด RAINTIGHT

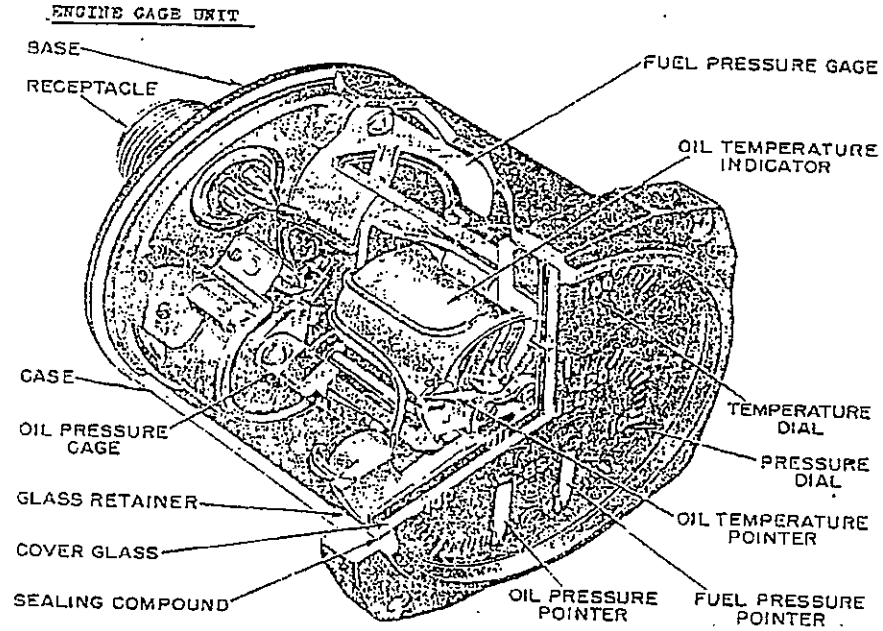
<u>แบบ DOUBLE VENT SUCTION GAGE</u> มีรูทางออกสองทาง ตัวเรือนเป็นชนิด Airtight ที่รูทางออกมีเครื่องหมาย " S " เป็นทางสำหรับต่อกับระบบสุญญากาศอีกรูหนึ่งมีเครื่องหมาย " V " หมายถึงทาง VENT ซึ่งโดยปกติจะต้องต่อกับท่อทาง STATIC ของระบบ PITOT – STATIC

<u>การติดตั้ง</u> SUCTION GAGE ติดตั้งอยู่ใกล้กับเครื่องวัดชนิดไจโรซึ่งขับเคลื่อนด้วยลม โดยปกติเครื่องวัดนี้ต่อกับเครื่องวัดขอบฟ้าจำลอง (GYRO HORIZON IND.) เพราะว่าแรงดูดที่ต้องการใช้กับเครื่องวัดขอบฟ้าจำลองเท่ากันหรือมากกว่าเครื่องวัดชนิดไจโร อื่น ๆ ท่อทางของระบบสุญญากาศมีเครื่องหมายสีขาวแสดงให้ทราบ

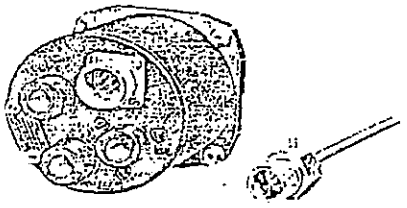
๘. ENGINE GAGE UNIT

ENGINE GAGE UNIT เป็นเครื่องวัดที่รวมเครื่องวัดความดันน้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องวัดความดันน้ำมันหล่อลื่น และเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ให้ประกอบอยู่ภายในตัวเรือนเครื่องวัดเรือนเดียว ทำให้สามารถลดพื้นที่ต้องการติดตั้งเครื่องวัดทั้งสามชนิดโดยแยกกันลงได้ ๓๕% นอกจากนั้นยังเป็นการง่ายในการอ่านเครื่องวัด เพราะเครื่องวัดแต่ละชนิดดังกล่าวเป็นเครื่องวัดที่สำคัญที่สุดของเครื่องยนต์ และยังได้ทำการขีดสเกลให้สังเกตได้ง่าย ๆ คือ ในการทำงานของเครื่องยนต์ที่รอบเดินทาง เข็มชี้ของเครื่องวัดความดันเชื้อเพลิงและความดันหล่อลื่นจะชี้ที่ประมาณแนวระดับ ส่วนเข็มชี้ของเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นจะชี้อยู่ในแนวตั้งฉาก

ส่วนประกอบของกลไกของเครื่องวัดแต่ละชนิดทำงานแยกกันเป็นอิสระ เครื่องวัดความดันน้ำมันเชื้อเพลิง และเครื่องวัดความดันหล่อลื่นมีหลักการทำงานดังที่ได้อธิบายมาแล้ว ส่วนการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น จะได้กล่าวไปเมื่อเรียนถึงระบบเครื่องวัดอุณหภูมิ



— Cut-away View of Engine Gage Unit



— Rear View of Engine Gage Unit and Bulb

๙. DE – ICING PRESSURE GAGE

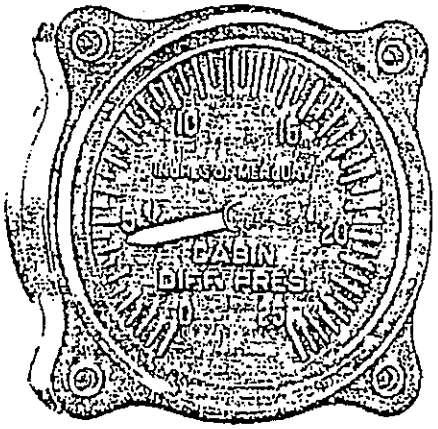
DE – ICING PRESSURE GAGE ติดตั้งกับ บ. ที่มีระบบทำลายน้ำแข็ง เครื่องวัดนี้เป็นเครื่องวัดที่ชี้แสดงความแตกต่างระหว่างความดันบรรยากาศภายนอก และความดันภายใน ระบบ DE – ICING ประกอบด้วย RUBBER EXPANSION CELL ติดอยู่ตามขายปีกและชุดแพนหางมีอากาศอัดผ่านอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้น้ำแข็งที่มาเกาะถูกทำลายและปลิวหลุดออกไปโดยกระแสลมที่พัดผ่าน เพื่อที่จะให้การทำงานของระบบนี้เป็นไปถูกต้องจึงจำเป็นต้องมีเครื่องวัดไว้สำหรับอ่านความดันที่จำเป็นต้องใช้ภายใน CELL ระบบนี้จะถูกปรับให้เครื่องวัดอ่านถูกต้องตามเกณฑ์โดยการปรับที่ RELIEF VALVE และ REGULATOR ที่ใช้อยู่ในระบบ DE – ICING

เข็มชี้ของเครื่องวัดในขณะทำงานจะปรากฏว่าส่วนอยู่ในระยะสเกล ๖.๕ – ๘.๕ ปตน. ซึ่งเป็นการทำงานตามปกติของระบบนี้ ทั้งนี้เนื่องจากการพองตัวและหุบตัวสลับกันของ EXPANSION CELL การส่ายของเข็มชี้เป็นการส่ายที่เคลื่อนที่เรียบเหมือนกับการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มนาฬิกา ระวังอย่านำไปปะปนกับการสั่น (OSCILLATION)

เครื่องวัดมีท่อหรือรูระบาย (Vent) อยู่ที่ตอนหลังตัวเรือน รูระบายนี้จะทำให้ความดันภายในตัวเรือน เท่ากับความดันบรรยากาศตลอดเวลา โดยปกติเครื่องวัดนี้มีระยะสเกล ๐ – ๒๐ ปตน.ท่อทางที่ต่อเข้าเครื่องวัดต่อหลังจากที่ความดันของระบบผ่าน RELIEF VALVE แล้ว

๑๐. CABIN AIR PRESSURE GAGE

เครื่องวัดนี้ติดตั้งกับ บ. เพื่อให้ชี้แสดงความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกห้องนักบินหรือห้องโดยสาร กลไกของเครื่องวัดบรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิด RAINTIGHT ที่ด้านหลังตัวเรือนมีท่อทางออกทางเดียว ท่าทางต่อจากรูทางออกต่อกับท่อทางสแตติคของระบบปิโตท์สแตติค หลักการทำงานคงเป็นไปเช่นเดียวกับเครื่องวัดชนิดวัดความดันแตกต่างตามที่ได้กล่าวมาแล้ว



- Cabin Differential Pressure Gage AW-1-7/8-21All (U. S. Gauge)

ระบบ PITOT – STATIC

ระบบ PITOT – STATIC ประกอบด้วย PITOT – STATIC TUBE ท่อทางที่ใช้ต่อและเครื่องวัดในทางการบิน ๓ อย่าง คือ เครื่องวัดเร็ว เครื่องวัดอัตราไต่และเครื่องวัดสูง

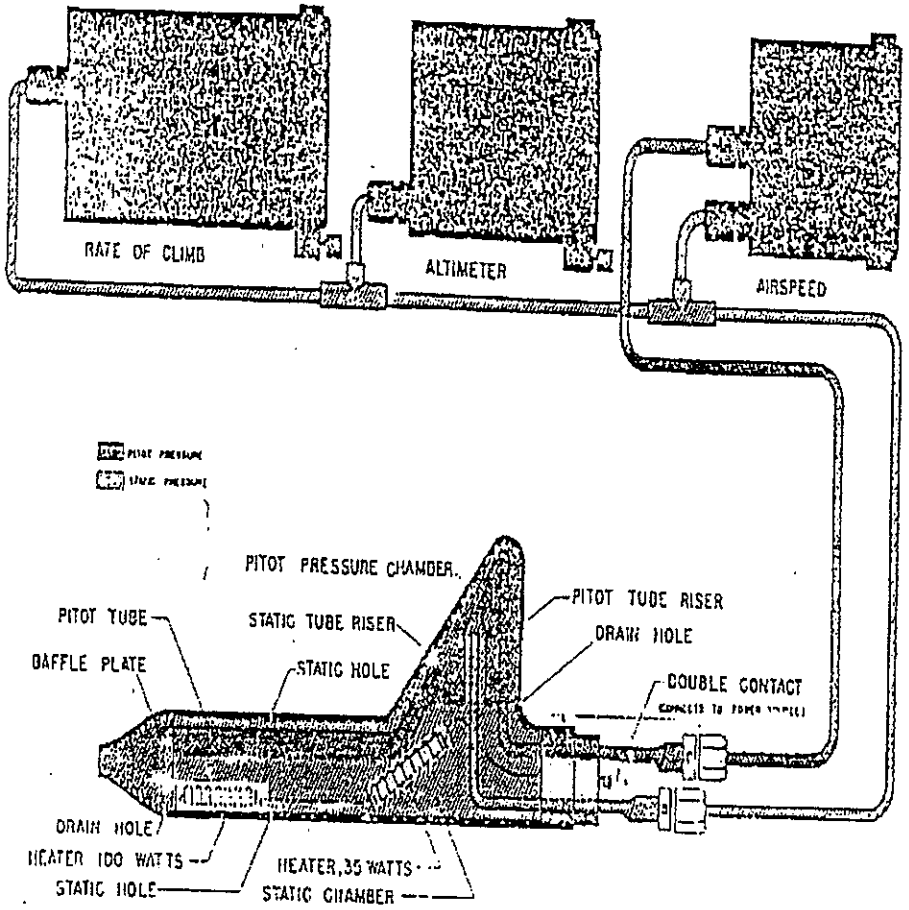
PITOT – STATIC TUBE ถึงแม้ว่า PITOT – STATIC TUBE จะไม่ใช่เครื่องวัด แต่มันก็เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่จะต้องทำความเข้าใจให้แจ่มชัดเสียก่อนที่จะศึกษาถึงเครื่องวัดที่มีการทำงานขึ้นอยู่กับ PITOT – STATIC TUBE นี้ PITOT TUBE เป็นชื่อของผู้ที่คิดประดิษฐ์ท่อนี้ขึ้นเป็นชาวฝรั่งเศส ชื่อ HENRI FITOT

PITOT PRESSURE คือ IMPACT PRESSURE ซึ่งเกิดขึ้นโดยอากาศที่เข้ามาทางปลายด้านหน้าของท่อซึ่งเปิดอยู่เข้าปะทะกับอุปกรณ์ที่กั้นมิให้อากาศไหลต่อไป จำนวน PRESSURE จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วของ บ. (วัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านอากาศ)

STATIC PRESSURE คือความดันของบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่ ความดันนี้ขึ้นอยู่กับระยะที่ บ. ทำการบินอยู่ (หรือที่วัตถุนั้นอยู่)

ท่อ PITOT จะต้องติดตั้งให้ขนานกับแนวลำตัวของ บ . และอยู่ในที่ซึ่งไม่มีกระแสอากาศรบกวนโดยเฉพาะที่เกิดจากการหมุนของใบพัดอากาศที่ถูกอัดตัวเข้ามาปะทะตอนหัวและรอบ ๆ บ. ในขณะที่ บ. กำลังบินอยู่

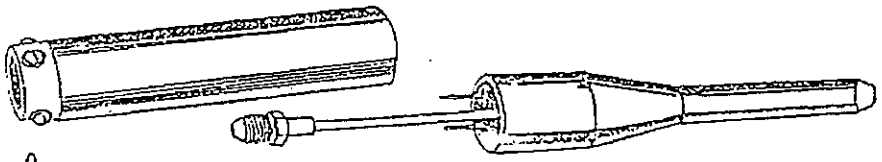
ท่อ PITOT - STATIC ไม่ว่าจะมีลักษณะการสร้างเช่นใด คงมีหลักการทำงานเหมือนกันโดย IMPACT PRESURE จะเข้ามาทางปลายที่เปิดอยู่ตอนหัวของท่อ ส่วน STATIC PRESSURE จะเข้ามาทางรูที่เจาะไว้ที่ผิวท่อ PITOT ซึ่งอยู่ประมาณกึ่งกลางท่อตามรูปแสดง ท่อ PITOT STATIC แบบหนึ่ง ในการใช้งาน เนื่องจาก PITOT STATIC ติดตั้งขนานกับแนวลำตัวของ บ. ดังนั้นหัวของ บ. และ PITOT TUBE จะปะทะกับกระแสอากาศพร้อม ๆ กัน ความดันอากาศจะผ่านเข้าทางปลายที่เปิด และตรงมายัง PITOT CHAMBER จากข้อต่อของท่อ PITOT จะถูกส่งออกไปใช้งานกับเครื่องวัดที่ใช้ IMPACT PRESSURE ส่วนความดันบรรยากาศที่อยู่รอบ ๆ ท่อ PITOT STATIC จะเข้ามาทางรู STATIC ที่เจาะไว้ผ่านมาเข้า STATIC CHAMBER และจากข้อต่อ S จะถูกต่อออกไปใช้งานกับเครื่องวัดที่ใช้ STATIC PRESSURE BAFFLE PLATE ซึ่งอยู่ตอนหน้าของ PITOT ทำหน้าที่ป้องกันความชื้นหรือสิ่งสกปรก ซึ่งอาจจะปะปนกับกระแสอากาศเข้ามาทางด้านหน้ามิให้เข้าไปใน PITOT TUBE ความชื้นจะออกทางรู STATIC ซึ่งอยู่ตอนล่าง BAFFLE PLATE ส่วนความชื้นที่เข้ามาทางรู STATIC จะถ่ายเทออกทางรู STATIC ซึ่งอยู่ตอนล่างของท่อ PITOT STATIC



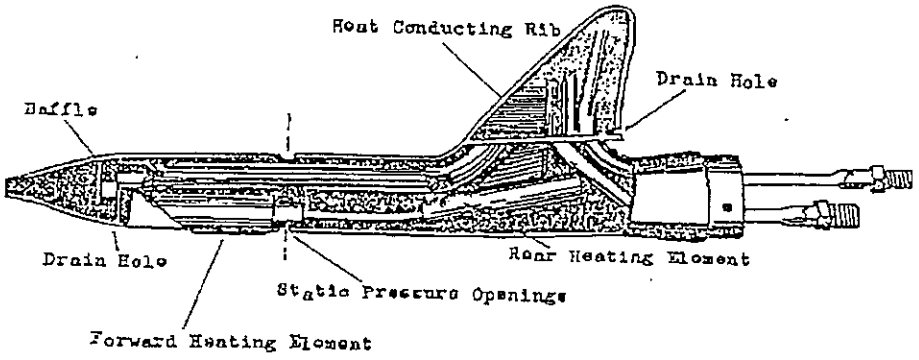
Air pressure in a pitot-static system.

PITOT STATIC ส่วนประกอบตอนท้ายทำเป็นกระโดงสูงขึ้นก็เพื่อป้องกันความชื้นที่อาจจะมีหลงผ่านเข้ามามิให้เข้าไปทำการเสียหายแก่กลไกเครื่องวัดมี HEATER ติดตั้งไว้เพื่อทำลายน้ำแข็ง ซึ่งอาจจะมาจับเกาะที่ท่อทางนี้ การใช้ HEATER จะต้องใช้ก่อนน้ำแข็งจะเกิดเกาะจับกันแน่นเพราะถ้าปล่อยให้น้ำแข็งจับกันแน่นเสียแล้ว ความร้อนจาก HEATER ไม่สามารถจะทำลายน้ำแข็งให้หมดไปได้ ฉะนั้นถ้าหาก บ. จำเป็นต้องบินอยู่ในอากาศที่มีสภาพอาจจะเกิดน้ำแข็งขึ้นได้ นักบินจำเป็นจะต้องเปิดสวิทช์ไปที่ " ON " และเมื่อหมดภาวะเช่นนี้ให้ปิดสวิทช์กลับไปที่ " OFF " เพื่อความปลอดภัยในการลืมปิดสวิทช์ HEATER โดยปกติวงจรทางไฟของ HEATER จะต่อกับ MASTER SWITCH ก่อนที่จะไปเข้า HEATER SWITCH, เมื่อ MASTER SWITCH อยู่ที่ตำแหน่ง "OFF" วงจร HEATER จะถูกตัดและเมื่อ MASTER SWITCH "ON" วงจรทางไฟ HEATER จะเชื่อมและบังคับให้เปิดได้โดย HEATER SWITCH ก่อนขึ้นบินทุกครั้งจะต้องตรวจทดลองว่า HEATER ใช้งานได้โดยเปิดสวิทช์แล้วให้ผู้ที่อยู่ข้างล่างเอามือแตะท่อ PITOT

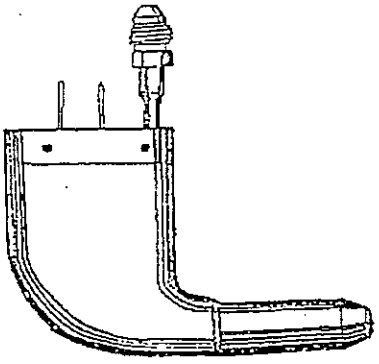
แต่อย่างไรก็ดี มีอยู่หลายกรณีที่ปรากฏว่ามีน้ำแข็งมาเกาะจับท่อ PITOT – STATIC ทั้ง ๆ ที่ MASTER SWITCH อยู่ที่ตำแหน่ง " ON " ก่อนที่จะทำการบินเข้าไปในสภาพอากาศที่เย็นจัดซึ่งทั้งนี้เนื่องมาจากกำลังไฟของ HEATER ไม่พอ หรือระบบทางไฟของ HEATER ขัดข้องเนื่องจากฟิวส์ขาดซึ่งอาจเกิดจาก SHORT CIRCUIT หรือเนื่องจาก บ. ถูกฟ้าผ่า กระแสไฟสูงเข้ามาทำให้ฟิวส์ขาด เป็นเหตุทำให้เกิดน้ำแข็งขึ้นที่ท่อ PITOT – STATIC เครื่องวัดเร็ว เครื่องวัดสูง และเครื่องวัดอัตราไต่จะอ่านคลาดเคลื่อน ในกรณีเช่นนี้ สำหรับ บ. ที่มี ALTERNATE STATIC TUBE นักบินจะต้องนำความดัน STATIC จากท่อ ALTERNATE มาใช้งานกับเครื่องวัดโดยการเปลี่ยนตำแหน่งสวิทช์ "TUBE STATIC PRESSURE" มาที่ "ALTERNATE"



A.



B.



C.

Airspeed tubes.

ในสภาพเช่นนี้เครื่องวัดสูงจะชี้แสดงไม่ถูกต้อง สำหรับ บ. ชนิดที่ CABIN ปิดสนิท ความคลาดเคลื่อนจะประมาณ ๕๐ ฟุตหรือน้อยกว่า และถ้าประตูห้อง CABIN เปิด เครื่องวัดจะอ่านคลาดเคลื่อน ๑๐๐ ฟุตหรือมากกว่า (โดยปกติเครื่องวัดสูงจะชี้อ่านระยะสูงมากกว่าระยะสูงที่แท้จริงเสมอ) แต่เครื่องวัดสูงนี้ก็สามารถจะชี้แสดงระยะสูงที่เปลี่ยนแปลงจากท่าบินครั้งหนึ่งๆ ได้โดยถูกต้อง สำหรับเครื่องวัดอัตราไต่จะอ่านได้ถูกต้องหลังจากที่ความดัน STATIC ที่ได้มาจากท่อทาง "ALTERNATE" (ต่อภายในห้องนักบิน) ส่วนเครื่องวัดเร็วจะอ่านคลาดเคลื่อนเชื่อถือไม่ได้

<u>ข้อควรระวัง</u> ให้พึงระมัดระวังการใช้เครื่องวัดสูง เมื่อเครื่องวัดทำงานโดยใช้ความดัน STATIC จาก ท่อ ALTERNATE เพราะว่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดจะทำให้ บ. บินอยู่ในสภาพที่ไม่ปลอดภัย ฉะนั้นเพื่อที่จะให้การอ่านเครื่องวัดได้ถูกต้อง นักบินจะต้องรู้ถึงจำนวนความคลาดเคลื่อนในเมื่อเครื่องวัดถูกใช้งานโดยท่อทาง "ALTERNATE " ซึ่งอาจจะทราบได้โดยในขณะที่ทำการบินอยู่ในสภาพอากาศปกติ ให้นักบินเปลี่ยนตำแหน่งสวิทช์ "TUBE STATIC PRESSURE" มาที่ "ALTERNATE" แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง การชี้แสดงของเครื่องวัดสูง และจำเอาไว้เพื่อนำมาใช้คิดคำนวณหาระยะสูงที่แท้จริงในเมื่อจำเป็นต้องใช้ความดัน STATIC จากท่อทาง "ALTERNATE"

ในปัจจุบันนี้เครื่องบินรบส่วนมากได้เปลี่ยนการใช้ท่อ PITOT – STATIC จากแบบรวมกันเป็นแบบแยกกัน PITOT HEAD TUBE ยังคงติดอยู่ที่ส่วนหน้าของ บ. ตามเดิม แต่ STATIC – HEAT จะแยกมาติดตั้งอยู่ที่ลำตัวของ บ. ทั้งสองด้าน STATIC HEAD เป็นแบบ FLUSH ประกอบด้วยแท่นกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๒" มีรูเล็กๆ ๗ รู แต่ละรูโตประมาณ ๐.๐๔๕" ด้านหลังของแผ่นยึดติดแน่นกับท่อทาง STATIC ด้านหน้าของแผ่นยึดติดแน่นกับผิวของลำตัวระหว่างลำตัวส่วนกลางกับลำตัวท่อนหาง

ระบบ PITOT – STATIC จะต้องไม่มีการรั่ว ช่างจะต้องตรวจท่อทางของระบบนี้ทั้งหมดตามระยะเวลาและมีเกณฑ์กำหนดตามหนังสือคู่มือของ บ. แบบนั้น ๆ ถ้าไม่มีปรากฏในหนังสือคู่มือให้ดำเนินการทดของการรั่วดังต่อไปนี้

๑. ท่อทาง STATIC ห้ามใช้ความดันกับท่อทาง STATIC จะต้องใช้แรงดูดเท่านั้นโดยการใช้ VACUUM PUMP ต่อท่อทางจาก VACUUM PUMP เข้ากับ STATIC HEAD หรือที่ DRAIN TEE ของท่อทาง STATIC ปรับเครื่องวัดสูงให้อ่านที่ศูนย์ ให้ VACUUM PUMP ทำงานดูดอากาศออกจากท่อทาง STATIC ด้วยอัตราการเปลี่ยนแผลงระยะสูงไม่เกิน ๒,๐๐๐ ฟุต/นาทีจนกระทั่งเครื่องวัดสูงอ่านที่ ๑,๐๐๐ ฟุต ปิดไม่ให้ความดันเข้าหรือออกไปในเวลา ๑ นาที เข็มชี้ของเครื่องวัดจะต้องลดลงไม่เกิน ๑๕๐ ฟุต การอ่านค่านี้จะต้องเคาะเครื่องวัดเบา ๆ เพื่อขจัดความฝืด

๒. ท่อทาง PITOT ห้ามใช้แรงดูดกับท่อทาง PITOT จะต้องใช้ความดันเท่านั้นโดยการใช้ PRESSURE PUMP ก่อนทดลองให้อุดรู DRAIN ของความดัน PITOT ที่ท่อ PITOT เสียก่อน ต่อท่อทางจาก PRESSURE PUMP เข้ากับ PITOT TUBE โดยสวมท่อทางเข้าที่ตอนหัวของ PITOT หรือที่ DRAIN TEE ของท่อทาง PITOT TUBE

AIRSPEED INDICATOR

ความเร็วคืออัตราการเคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา ความเร็วของ บ. มีหน่วยวัดเป็น NAUTICAL MILE ต่อ ชม. และ STATUTE MILE ต่อ ชม. STATUTE MILE ต่อ ชม. เรียกกันทั่วไปว่า M.P.H. และ NAUTICAL MILE ต่อ ชม. เรียกว่า KNOT (1 KNOT= 1.15 M.P.H.)

ความเร็วซึ่งสัมพันธ์กับพื้นโลกเรียกว่า GROUND SPEED (G.S.) เช่นเครื่องวัดความเร็วของรถยนต์จะอ่านออกมาเป็น GROUND SPEED โดยตรง ซึ่งเป็นการวัดจำนวนรอบต่อ ชม.ของ ล้อ (เส้นรอบวงของล้อ) เครื่องวัดอาจจะสร้างให้อ่านความเร็วได้แน่นอน สำหรับ บ. เครื่องวัดที่มีส่วนประกอบง่าย ๆ ไม่สามารถจะสร้างให้เครื่องวัดอ่าน GROUND SPEED ได้โดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความแน่น และอุณหภูมิของบรรยากาศที่ระยะสูงต่าง ๆ

เครื่องวัดที่วัดความเร็วของ บ. ที่แท้จริงเรียกว่า TRUE AIRSPEED ซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์การแก้ความแน่นและอุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะสูง ณ ที่ระดับน้ำทะเล กระแสลมเงียบ GROUND SPEED จะเท่ากับ TRUE SPEED แต่ถ้าบินอยู่ในแนวทางเดียวกับลม GROUND SPEED จะมากกว่า TRUE SPEED และการบินปะทะกับแนวทางลม GROUND SPEED ก็จะน้อยกว่า TRUE SPEED (ลม คืออัตราการเคลื่อนที่ของอากาศที่สัมพันธ์กับพื้นโลก)

<u>ความมุ่งหมาย</u> เครื่องวัดเร็วเป็นเครื่องวัดที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้ในทางการบิน เครื่องวัดนี้จะแสดงให้ทราบ คือ

๑. ในขณะที่ทำการบินโดยมิได้ปรับคันเร่ง ย. เครื่องวัดเร็วจะแสดงว่า บ. กำลังบินอยู่ในระดับหรือไม่เพราะถ้า บ. บินดำลง เครื่องวัดเร็วจะชี้สูงขึ้น หรือ ถ้า บ. ไต่ขึ้นเครื่องวัดเร็วก็จะชี้ช้าลง

๒. ให้นักบินสามารถปรับคันเร่ง ย. เพื่อให้ ย. มีประสิทธิภาพดีที่สุดในขณะที่ทำการบินด้วยความเร็วนั้น ๆ

๓. ให้นักบินสามารถประมาณเวลาที่ บ. จะไปถึงที่หมายได้

๔. บ. ทุกแบบบริษัทผู้สร้างจะกำหนดความเร็วสูงสุดและต่ำสุดไว้ ถ้าไม่มีเครื่องวัด นักบินอาจจะเร่งความเร็วจนเครื่องยนต์หรือ บ. ชำรุดได้ นอกจากนั้นยังทำให้นักบินสามารถใช้ความเร็วในการบินขึ้นและลงได้โดยถูกต้อง เครื่องวัดจะเตือนให้ทราบถึงจุดที่ บ. จะสตอลล์ทำให้ PRESSURE PUMP ------- ทำงาน ปล่อยให้ความดันเข้าท่อทางช้า ๆ จนกระทั่งเข็มชี้ของเครื่องวัดอ่านเต็มสเกลในเวลา ๑ นาที เข็มชี้ของเครื่องวัดจะต้องลดลงไม่เกิน 1 M.P.H. หรือ 1 KNOT (ตามการแบ่งสเกลหน้าปัดของเครื่องวัด)

<u>หมายเหตุ</u> DRAIN TEE มีลักษณะเป็นท่อ ๓ ทาง ติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งที่ต่ำสุดของท่อทาง PITOT และท่อทาง STATIC เพื่อไว้ใช้เปิดทำความสะอาดท่อทาง PITOT และ STATIC ถ้าทำการทดลองการรั่วของท่อทางโดยต่อกับ DRAIN TEE จะต้องใช้ TAPE ปิดรูทางเข้าของระบบที่ทำการทดลองนั้น ๆ

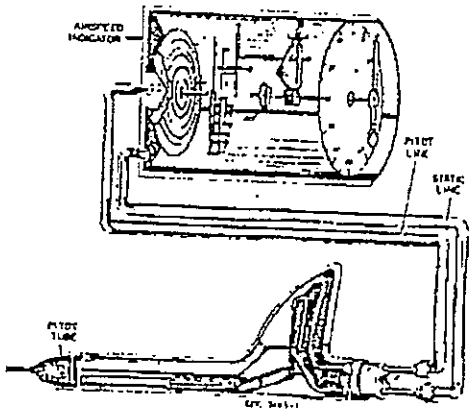
ตำบลที่ติดตั้งท่อ PITOT จะเป็นไปตามที่บริษัทผู้ผลิต บ. กำหนดให้ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปได้ และ PITOT STATIC TUBE ที่นำมาติดตั้งก็จะต้องเป็นแบบที่แนะนำให้ใช้ตามหนังสือคู่มือของ บ. นั้น ๆ มิฉะนั้นจะทำให้เครื่องวัดอ่านคลาดเคลื่อนได้

ท่อทางของระบบนี้จะต้องระวังรักษาให้อยู่ในสภาพที่สะอาด เมื่อ บ. ไม่ได้ทำการบินจะต้องมีถุงสวนคลุมท่อทางที่เปิด เพื่อกันมิให้น้ำมันหล่อลื่น หรือฝุ่นละอองเข้าไปในท่อ และอย่าลืมถอดถุงนี้ออกเมื่อจะทำการบิน เครื่องหมายที่ชี้แสดงให้ทราบคือ ท่อ PITOT จะมีสีดำคาดไว้ส่วนท่อ STATIC จะมีสีดำเขียวคาดให้เห็น

๑. SENSITIVE AIRSPEED INDICATOR

เครื่องวัดเร็วแบบนี้ใช้กับ บ. ชนิดเครื่องยนต์ลูกสูบทั่วไปเป็นเครื่องวัดชนิดวัดความดันแตกต่างซึ่งจะชี้แสดงความแตกต่างของความดันปิโตท์และความดันสแตติค ของ บ. ที่กำลังบินอยู่ในขณะนั้น กลไกของเครื่องวัดบรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิด AIRTIGHT

<u>หลักการทำงาน</u> ความดันปิโตท์จากท่อทางปิโตท์ จะเข้ามายังไดอะแฟรมโดยตรง ส่วนความดันสแตติคจากท่อทางสแตติคจะเข้ามาอยู่ภายในตัวเรือนรอบ ๆ ไดอะแฟรม เมื่อ บ. บินผ่านอากาศความดันแตกต่างจะเกิดขึ้น โดยความดันปิโตท์จะมากกว่าความดันสแตติค เป็นเหตุให้ไดอะแฟรมดัน LINK ให้เคลื่อนที่ทำให้ ROCKING SHAFT หมุน SECTOR ซึ่งติดอยู่กับ ROCKING SHAFT จะหมุนไปด้วย อำนวยให้ PINION ซึ่งมีฟันกินอยู่กับ SECTOR หมุนตามไป เข็มชี้ซึ่งมีแกนยึดติดอยู่กับ PINION จะหมุนชี้ไปบนสเกลหน้าปัด



Cutaway of an airspeed system.

เครื่องวัดเร็วชนิดนี้จะชี้แสดงความเร็วที่สัมพันธ์กับอากาศที่ระดับน้ำทะเล (ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน) มิได้ชี้แสดงความเร็วที่แท้จริงของ บ. ที่กำลังบินอยู่ สาเหตุที่ทำให้เครื่องวัดคลาดเคลื่อน มี ๓ ประการคือ

๑. เนื่องจากกลไกภายในเครื่องวัด

๒. เนื่องจากการติดตั้ง PITOT – STATIC TUBE ไม่ถูก

๓. เนื่องจากความแน่นซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะสูงที่เพิ่มขึ้นและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

<u>สาเหตุประการแรก</u> อาจจะแก้ไขให้เครื่องวัดอ่านถูกต้องได้โดย CORRECTION CARD ซึ่งเป็นตารางแก้ที่ได้จากการทดลองเครื่องวัดที่ใช้กับเครื่องวัดมาตรฐาน

<u>สาเหตุประการที่สอง</u> วิธีดำเนินการตรวจสอบการติดตั้งท่อ PITOT - STATIC กระทำได้โดยวิธีง่าย ๆ คือ วิธี " SPEED COURSE METHOD" ซึ่งมีวิธีการคือทำการบินผ่านจุด ๒ จุด ที่รู้ระยะทางแน่นอน และทำการบินที่ระยะสูงต่ำที่สุดเท่าที่จะทำการบินได้โดยปลอดภัย ทั้งนี้เพื่อที่จะให้ความแน่นของอากาศเปลี่ยนไปจากระดับน้ำทะเลน้อยที่สุด การตรวจจะต้องทำการบินด้วยความเร็วเดินทาง (±20 RPH) อย่างน้อยที่สุด ๒ เที่ยว (ไปและกลับ) แล้วหาส่วนเฉลี่ยของอัตราความเร็ว การทดลองแบบนี้ให้ถือว่าความแน่นมิได้เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

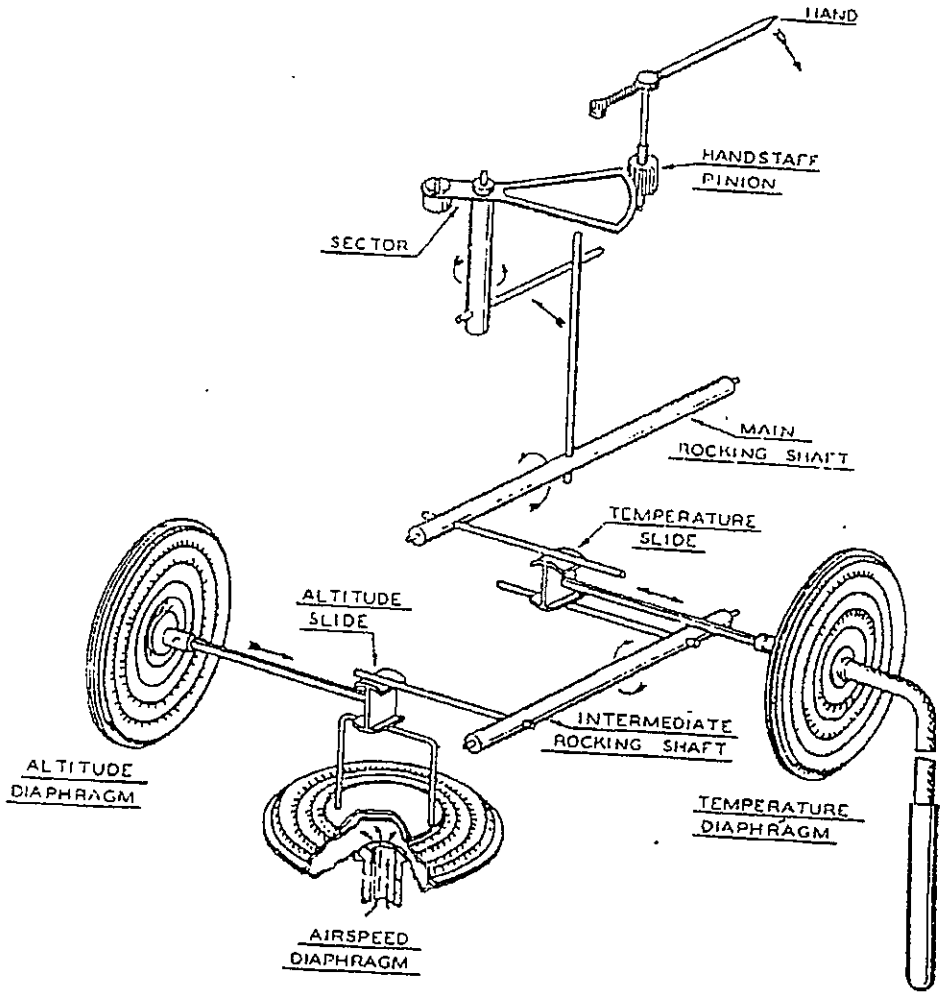
<u>สาเหตุประการสุดท้าย</u> ไม่สามารถจะกำหนดลงไปได้แน่นอน เพราะว่ามันเปลี่ยนไปตามสภาพของอากาศที่ บ. ทำการบินอยู่ แต่โดยปกติทุกระยะสูงที่เพิ่มขึ้น ๑,๐๐๐ ฟุต เครื่องวัดเร็วแบบนี้จะชี้อ่านต่ำกว่าความจริงประมาณ ๒% เช่นที่ระยะสูง ๑,๐๐๐ ฟุต เครื่องวัดเร็วชี้อ่าน 100 RPH. แต่ความเร็วจริงจะเป็น 102 MPH. หรือที่ระยะสูง ๒๐๐๐๐ ฟุต บ. ทำการบินด้วยความเร็ว 300 MPH. (อ่านจากเครื่องวัด) แต่ความจริงนั้น บ. กำลังบินด้วยความเร็วถึง 420 MPH. ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องวัดเร็วชนิดนี้ไม่สามารถจะชี้ให้ถูกต้องตามความเป็นจริงได้ นอกจากจะทำการบินที่ระดับน้ำทะเล (ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน) เท่านั้น

๒. TRUE AIRSPEED INDICATOR

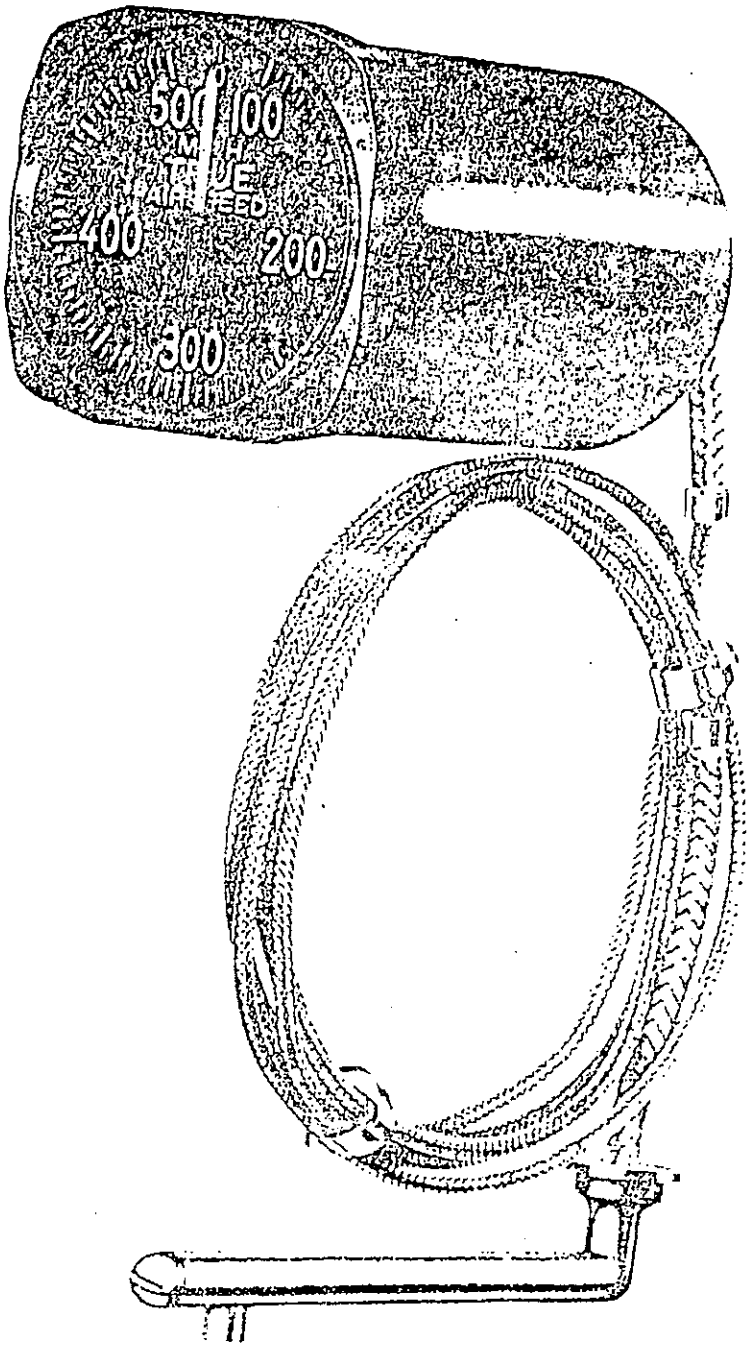
ดังได้กล่าวมาแล้วว่าเครื่องวัดเร็วที่ใช้กันอยู่ทั่วๆ ไป กับ บ. จะชี้ความเร็วได้ถูกต้องที่ระดับน้ำทะเล ซึ่งมีความดันและอุณหภูมิมาตรฐานเท่านั้น ฉะนั้นเมื่อ บ.บินอยู่ที่ระยะสูงและที่อุณหภูมิแตกต่างออกไป จะเป็นผลทำให้ความแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลง เครื่องวัดเร็วจึงชี้แสดงไม่ถูกต้อง ฉะนั้นถ้าหากต้องการให้เครื่องวัดเร็วอ่านถูกต้องจึงจำเป็นจะต้องมีส่วนประกอบเพิ่มขึ้นจากเครื่องวัดเร็วแบบธรรมดา คือ ชุด ALTITUDE ANEROID และชุด TEMPERATURE DIAPHRAGM เราเรียกเครื่องวัดนี้ว่า TRUE AIRSPEED INDICATOR ซึ่งทำงานได้แน่นอนที่ระยะสูง ๐ – ๕๐,๐๐๐ ฟุต และอุณหภูมิ ๔๐° ซ. ถึง - ๖๐° ซ.

<u>หลักการทำงาน</u> ขณะที่ บ.ทำการบิน ความดันปิโตท์จากท่อทางปิโตท์จะเข้ามายังไดอะแฟรม ทำให้ไดอะแฟรมขยายตัว การเคลื่อนตัวของไดอะแฟรมจะไปอำนวย INTERMEDIATE ROCKING SHAFT และต่อไปยัง MAIN ROCKING SHAFT,SECTOR,HANDSTAFF,PINION และเข็มชี้

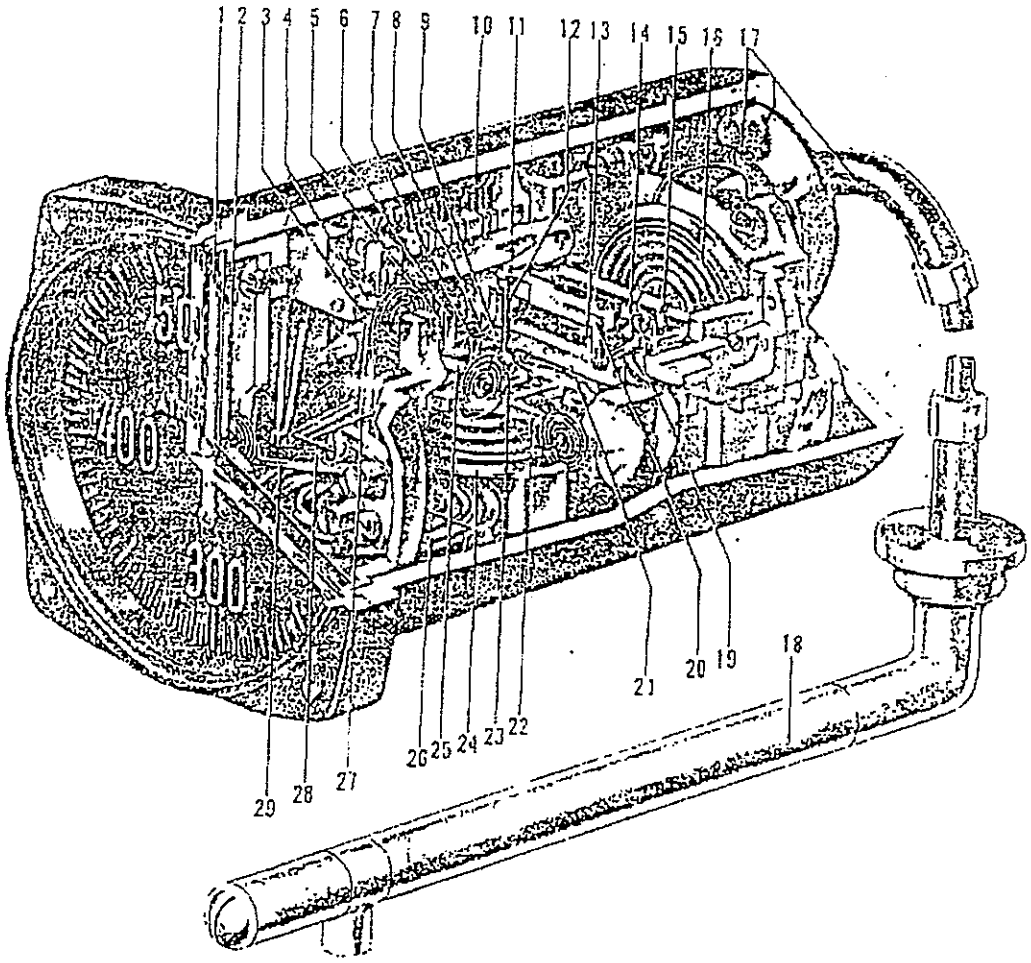
ความดันสแตติคจากท่อทางสแตติค จะเข้ามาอยู่ภายในตัวเรือนเครื่องวัดซึ่งเป็นชนิด AIRTIGHT ความดันนี้จะกระทำต่อกลไกซึ่งอยู่ภายในตัวเรือนเครื่องวัดขณะที่ระยะสูงที่เพิ่มขึ้น ความดันลดลง ALTITUDE ANEROID จะขยายตัวทำให้ ALTITUDE SLIDE เลื่อนตัวออก ตำแหน่งหรือจุดที่ AIRSPEED DIAPHRAGM เคลื่อนตัวขึ้นดัน INTERMEDIATE ROCKING SHAFT จะเปลี่ยนแปลงไป (สั้นเข้า) ในลักษณะเช่นนี้ กลไกของเครื่องวัดจะทำงานเร็วขึ้นเป็นการปรับแก้เนื่องจากระยะสูงเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เครื่องวัดเร็วแบบนี้สามารถอ่านความเร็วได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงระยะสูงที่เปลี่ยนแปลงไป และในทางตรงกันข้ามเมื่อระยะสูงลดลง กลไกของเครื่องวัดจะทำงานช้าลง



SCHEMATIC



True Airspeed Indicator



1. Hand
2. Handstaff Pinion
3. Altitude Link
4. Altitude Rocking Shaft
5. Main Rocking Shaft Lever
6. Temperature Slide
7. Altitude Slide
8. Intermediate Rocking Shaft Lever
9. Intermediate Rocking Shaft Lever
10. Calibrating Screw
11. Restraining Spring
12. Push Rod
13. Adjusting Screw
14. Bimetallic Compensator
15. Temperature Rocking Shaft
16. Temperature Diaphragm
17. Capillary
18. Bulb Assembly
19. Temperature Rocking Shaft Link
20. Intermediate Temperature Rocking Shaft
21. Intermediate Rocking Shaft
22. Frame Assembly
23. Bimetallic Frame Lever
24. Airspeed Diaphragm
25. Main Rocking Shaft
26. Altitude Diaphragm
27. Main Rocking Shaft Long Lever
28. Sector Lever
29. Sector

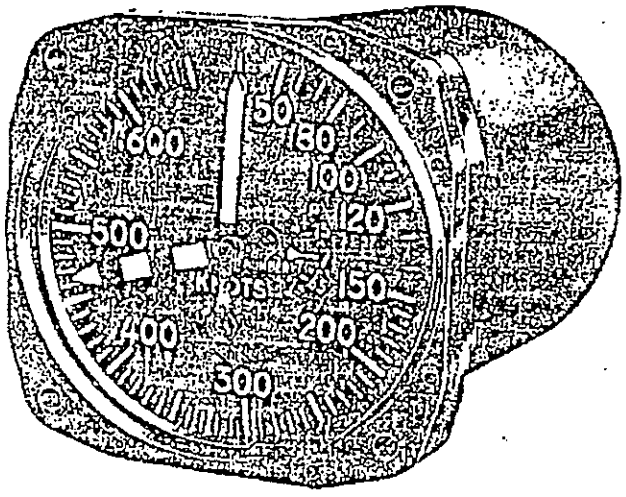
Sectional View

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบรรยากาศจะเป็นผลกระทบกระเทือนต่อความแน่นของอากาศและความเร็วที่แท้จริง การแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิสามารถกระทำได้โดยการประกอบชุด TEMPERATURE DIAPHRAGM (ประกอบด้วย DIAPHRAGM,CAPILLARY TUBE และ BULB) เมื่ออุณหภูมิลดลง TEMPERATURE DIAPHRAGM จะหดตัว การเคลื่อนที่ของ DIAPHRAGM จะไปอำนวยให้ TEMPERATURE SLIDE เลื่อนตัวเข้า ทำให้จุดหมุน (ความยาวของ ARM) ของ INTERMEDIATE ROCKING SHAFT และ MAIN ROCKING SHAFT เปลี่ยนแปลงกลไกของเครื่องวัดจะทำงานช้าลง และในทางตรงกันข้ามเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กลไกของเครื่องวัดก็จะทำงานเร็วขึ้น

จากการที่มีกลไกปรับแก้ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิจึงทำให้เคลื่อนวัดเร็วแบบนี้อ่านความเร็วที่แท้จริงของ บ. ได้

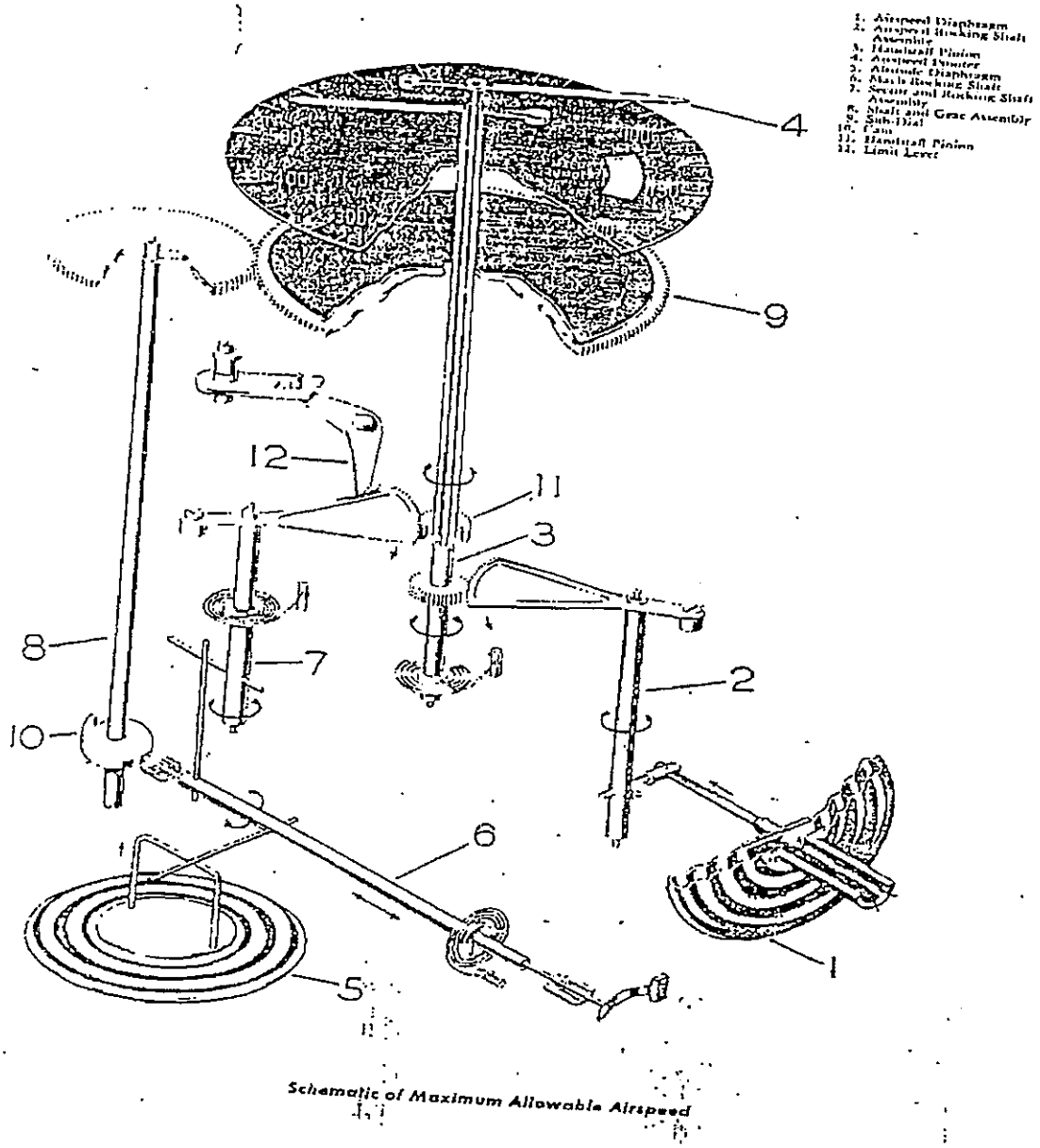
๓. MAXIMUM ALLOWABLE AIRSPEED INDICATOR

เป็นเครื่องวัดเร็วที่ออกแบบสำหรับใช้กับ บ. ที่มีความเร็วใกล้ความเร็วเสียง เนื่องจากเมื่อระยะสูงเพิ่มขึ้น ความเร็วเสียงจะลดลงและเครื่องวัดเร็วธรรมดาจะชี้น้อยกว่าความจริง ถ้าไม่มีสิ่งใดคอยเตือนให้ทราบ นักบินอาจจะทำการบินด้วยความเร็วเท่ากับหรือมากกว่าความเร็วเสียงซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อโครงสร้าง บ. ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้ง MAXIMUM ALLOWABLE AIRSPEED กับ บ. แบบนี้



Maximum Allowable Airspeed Indicator

ที่ด้านหน้าเครื่องวัดนอกจากจะมีเข็มชี้แสดงความเร็วแบบธรรมดาแล้ว ยังมีเข็มชี้แสดงความเร็วสูงสุด (โดยปกติทาสีแดง) ซึ่งเข็มชี้อันนี้จะชี้แสดงความเร็วสูงสุดของ บ. แบบหนึ่ง ๆ ที่ยอมให้ทำการบินได้ ณ ระยะสูงที่ บ. กำลังบินอยู่ ความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ทำการบินได้นี้เปลี่ยนแปลงไปตามระยะสูงโดย ALTITUDE ANEROID ที่ประกอบอยู่ในตัวเรือนเครื่องวัดซึ่งมีกลไกไปอำนวยให้เข็มชี้แสดงความเร็วสูงสุดทำงานโดยอัตโนมัติ



Schematic of Maximum Allowable Airspeed

ตัวเรือนเครื่องวัดเป็นชนิด AIRTIGHT ที่ด้านหลังตัวเรือน นอกจากจะมีรูสำหรับต่อกับท่อทาง PITOT และ STATIC แล้ว ยังมีอีกรูหนึ่งมี PIPE PLUG ปิดไว้ ซึ่งเป็นทางสำหรับปรับตั้ง MACH NUMBER ทั้งนี้เพราะบริษัทผู้สร้างได้สร้างให้เครื่องวัดชนิดนี้สามารถนำไปใช้กับ บ. ได้หลายแบบ ซึ่งมีเกณฑ์กำหนดความเร็วสูงสุดไม่เท่ากัน ฉะนั้นก่อนที่จะนำไปติดตั้งกับ บ. ช่างจะต้องทำการปรับตั้ง MACH NUMBER โดยถอด PIPE PLUG ที่ด้านหลังตัวเรือนเครื่องวัดออกแล้วใช้ไขควงหมุนสลักเกลียวปรับตั้ง MACH NUMBER ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของ บ. นั้น ๆ การหมุนสลักเกลียวจะเป็นการทำให้ SHAFT ASSY และGEAR ASSY (8) หมุน อำนวยให้ SUB-DIAL (9) หมุนชี้แสดงตัวเลข MACH NUMBER และในขณะที่หมุนเกลียว CAM (10) ของส่วนประกอบนี้จะทำให้ MACH ROCKING SHAFT (6) เลื่อนตัว เป็นเหตุให้ตำแหน่งสัมผัสของ MACH ROCKING SHAFT LEVER กับ LEVER ของ SECTOR และ ROCKING SHAFT ASSY (7) เปลี่ยนแปลง PINION ของเข็มชี้แสดงความเร็วสูงสุดซึ่งมีฟันกินอยู่กับ SECTOR จะเคลื่อนที่ตาม SECTOR ไปด้วย ฉะนั้นก็จะเห็นได้ว่าเข็มชี้ความเร็วสูงสุดจะเคลื่อนที่ไปด้วยในขณะที่ทำการปรับตั้ง MACH NUMBER

จำนวน MACH โดยปกติสามารถปรับตั้งได้ ๐.๖ – ๑.๐ ที่ความดัน ๒๙.๙๒ IN.HG. เมื่อปรับ MACH NUMBER ไว้ที่ ๐.๖ เข็มชี้แสดงความเร็วสูงสุดจะชี้ที่ ๓๙๗ น๊อต (๔๕๗ MPH.) และที่ MACH NUMBER ๐.๙ เข็มชี้แสดงความเร็วสูงสุดจะชี้ที่ ๕๙๕ น๊อต (๖๘๔ MPH.)

การหมุนสลักเกลียวที่ด้านหน้าตัวเรือนเครื่องวัดเป็นการทำให้ LIMIT LEVER (12) เคลื่อนที่ไปบังคับกั้นมิให้ SECTOR เคลื่อนตัวถอยหลังต่ำกว่าขีดกำหนด

<u>การทำงาน</u> การชี้แสดงของเข็มชี้แสดงความเร็วของ บ. เป็นไปในทำนองเดียวกับเครื่องวัดเร็วทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีหลักการทำงานโดยใช้ความแตกต่างของความดันภายในและภายนอกไดอะแฟรม กล่าวคือ ความดัน STATIC จากท่อทาง STATIC จะเข้ามาอยู่ภายในตัวเรือนเครื่องวัดและความดันนี้จะกระทำต่อผิวนอก DIAPHRAGM ส่วนความดัน PITOT จะเข้ามายัง DIAPHRAGM โดยตรง เมื่อ บ. มีความเร็ว (ความดันปิโตท์เพิ่มขึ้น) DIAPHRAGM จะขยายตัว การเคลื่อนที่ของ DIAPHRAGM จะไปอำนวย LINK ให้เคลื่อนที่และส่งต่อไปยัง ROCKING SHAFT (2) SECTOR ของ ROCKING SHAFT ซึ่งมีฟันกินอยู่กับ HAND STAFF PINION (3) จะพา PINION หมุนไปทำให้เข็มชี้ (4) ชี้แสดงบนสเกลหน้าปัด

การชี้แสดงของเข็มชี้แสดงความเร็วสูงสุดที่ยอมให้บินได้ เป็นไปดังนี้คือความดัน STATIC ที่เข้ามาอยู่ภายในตัวเรือนเครื่องวัดจะกระทำต่อผิวนอกของ ALTITUDE ANEROID (5) ตลอดเวลา ขณะที่ระยะสูงเพิ่มขึ้น ความดันจะลดลงทำให้ ALTITUDE ANEROID ขยายตัวขึ้นดัน LEVER ของ MACH ROCKING SHAFT (6) อำนวยต่อไปยัง SECTOR และ ROCKING SHAFT ASSY (7) PINION ของเข็มชี้แสดงความเร็วสูงสุด มีฟันกินอยู่กับ SECTOR นี้ ฉะนั้นเมื่อ SECTOR เคลื่อนที่ PINION ก็จะหมุนตามไปด้วย เข็มชี้จะชี้แสดงความเร็วสูงสุดที่ยอมให้บินได้ ณ ระยะสูงนั้น ๆ

<u>ข้อควรระวัง</u> อย่าลืมปิด PIPE PLUG ให้แน่น เมื่อทำการปรับตั้ง MACH NUMBER เรียบร้อยแล้ว

<u>ข้อควรจำ</u> กลไกของเข็มชี้แสดงความเร็วของ บ. ทำงานโดยความแตกต่างของความดัน PITOT และความดัน STATIC

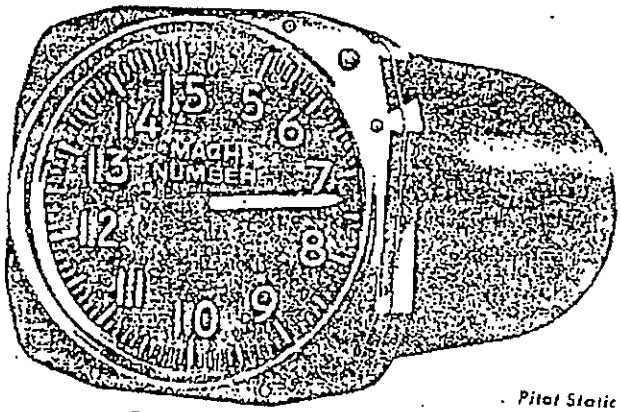
กลไกของเข็มชี้แสดงความเร็วสูงสุดของ บ. ที่ยอมให้บินได้ ทำงานโดยขึ้นอยู่กับความดัน STATIC เท่านั้น

กลไกของเครื่องหมายชี้แสดง MACH NUMBER ทำงานโดยการปรับของช่าง

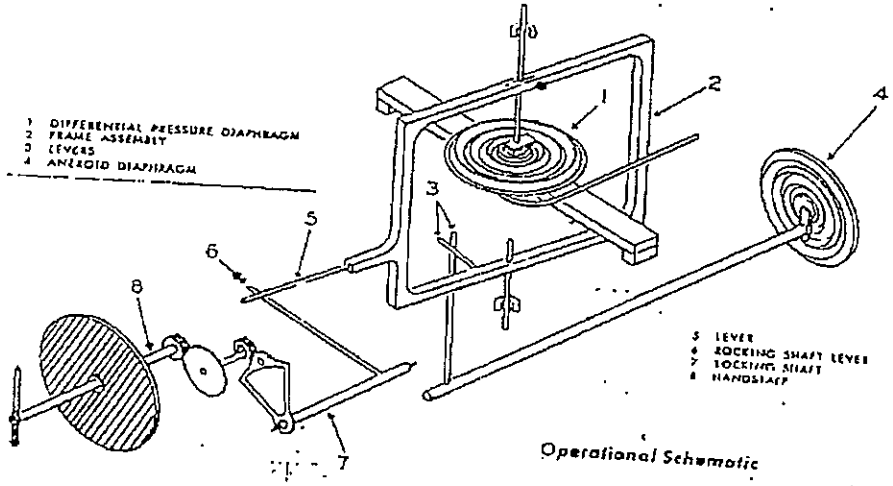
๔. TRANSONIC MACHMETER

ขณะที่ บ. ทำการบินถึงความเร็วเสียง จะเกิด SHOCK WAVE ขึ้นซึ่งเป็นอันตรายต่อโครงสร้าง บ. และดังได้อธิบายมาแล้วว่าความเร็วสูงสุดที่ปลอดภัยของ บ. ขึ้นอยู่กับระยะสูงเพื่อให้ง่ายในการอ่านความเร็วนี้ จะวัดได้โดยอัตราส่วนของความเร็วที่แท้จริงต่อความเร็วเสียงอัตราส่วนอันนี้เรียกว่า MACH NUMBER

MACH METER เป็นเครื่องวัดความเร็วในหน่วยของ MACH NUMBER ซึ่งเป็นการวัดความเร็วของ บ. ที่สัมพันธ์กับความเร็วเสียง ออกแบบสร้างขึ้นเพื่อใช้กับ บ. ที่มีความเร็วเกือบจะเท่าความเร็วเสียงหรือสูงกว่าความเร็วเสียง



Pitot Static Machmeter



Operational Schematic

ส่วนประกอบ

๑. ตัวเรือนเป็นชนิด AIRTIGHT ถอดแยกออกได้เป็น ๒ ส่วน หน้าแปลนที่ใช้ยึดในการติดตั้งออกแบบสำหรับให้ใช้ประกอบ SPRING NUT ต่างหาก ทางด้านหลังตัวเรือนมีรูทางออก ๒ รู รูหนึ่งมีเครื่องหมาย " P " เป็นทางสำหรับความดัน PITOT เข้า อีกรูหนึ่ง มีเครื่องหมาย " S " เป็นทางสำหรับความดัน STATIC และมีแผ่น PLATE เล็ก ๆ ยึดติดอยู่ทางด้านหลังตัวเรือน ด้วยสลักเกลียว ๓ ตัว เป็นแผ่นปิด CALIBRATION ARM.

๒. เข็มชี้และสเกลหน้าปัด เข็มชี้หมุนอยู่รอบจุดกึ่งกลางสเกลหน้าปัด ชี้แสดง MACH NUMBER จากระยะ ๐.๕ – ๑.๕ ARM.

๓. กลไก กลไกเครื่องวัดทำงานโดยความดันสองชนิดรวมกัน คือความดันสแตติค และความดันแตกต่าง ขณะที่ DIFFERENTIAL PRESSURE DIAPHRAGM (1) ขยายตัวมันจะดัน FRAME ASSY (2) ขึ้น แต่ตำแหน่งของ FRAME ASSY ที่จะถูกดันขึ้นนี้จะถูกบังคับโดย LEVER (3) ซึ่งจะเป็นไปตามการเคลื่อนตัวของ ANEROID DIAPHRAGM (4) ผลการเคลื่อนที่ของ FRAME (2) จะถูกอำนวยผ่าน LEVER (5) ไปยัง LEVER อันยาว (6) ของส่วนประกอบ ROCKING SHAFT (7) การเคลื่อนที่ของ ROCKING SHAFT (7) จะถูกส่งไปยัง HANDSTAFF (8) โดย SECTOR ทำให้เข็มชี้ชี้แสดงความเร็วให้ทราบบนสเกลหน้าปัดในหน่วย MACH NUMBER

MACH NUMBER

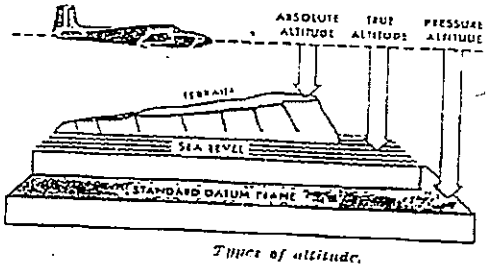
MACH NUMBER คืออัตราความเร็วที่แท้จริงต่อความเร็วเสียง 1 MACH หมายถึง ความเร็วของ บ. ที่มีความเร็วเท่ากับความเร็วเสียง สำหรับความเร็วที่ต่ำกว่า 1 MACH จะเรียกเป็นจุด เช่น ๐.๖ (๖๐% ของความเร็วเสียง) ๐.๘๒ (๘๒% ของความเร็วเสียง)

MACH NUMBER สูงสุดของ บ. ก็คือ MACH NUMBER ซึ่งมีความเร็วเท่ากับความเร็วสูงสุดของ บ. ที่ยอมให้บินได้ ความเร็วสูงสุดที่ยอมให้บินได้นี้จะแตกต่างไปตามแบบของ บ. ฉะนั้น บ. แต่ละแบบก็มี MACH NUMBER สูงสุดของมันโดยเฉพาะ

ความเร็วของเสียงที่ระดับน้ำทะเลประมาณ ๗๖๐ M.P.H. และจะลดลงตามระยะสูงที่เพิ่มขึ้นที่ระยะสูง ๔๐,๐๐๐ ฟุต ความเร็วของเสียงจะประมาณ ๔๒๒ M.P.H. ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วของเสียงลดลงตามระยะสูงที่เพิ่มขึ้น ฉะนั้นความเร็วสูงสุดที่ยอมให้บินได้ก็จะลดลงด้วย

ตัวอย่างเช่น บ. แบบหนึ่งกำหนด MACH NUMBER สูงสุดไว้ .๗๖ ซึ่งก็หมายความว่าความเร็วของ บ. จะต้องไม่เกิน ๗๖% ของความเร็วเสียง ฉะนั้นที่ระดับน้ำทะเลความเร็วสูงสุดที่ยอมให้บินได้ของ บ. แบบนี้จะต้องไม่เกิน ๕๘๗ M.P.H และลดลงเมื่อระยะสูงเพิ่มขึ้นที่ระยะสูง ๔๐,๐๐๐ ฟุต ความเร็วสูงสุดที่ยอมให้บินได้จะประมาณ ๓๒๑ M.P.H

ALTIMETER



Types of altitude.

๕. ALTITUDE

เป็นความสูงที่อาจจะกำหนดได้โดยการวัดระยะในแนวดิ่งจากจุด ๆ หนึ่งลงมายังจุดที่ใช้อ้างอิง จุดอ้างอิงที่ใช้ในการวัดระยะสูงมีอยู่ 3 ชนิด คือ

๑. TURE ALTITUDE คือความสูงเหนือระดับน้ำทะเล

๒. ABSOLUTE ALTITUDE คือความสูงเหนือระดับพื้นที่ ที่ บ. นั้นบินอยู่โดยตรง

๓. PRESSURE ALTITUDE คือความสูงเหนือระดับพื้นที่มาตรฐานที่กำหนดให้ (STANDARD DATUM PLANE) พื้นที่มาตรฐานที่กำหนด คือ พื้นที่ทางทฤษฎี ซึ่งกำหนดว่าที่ความดันบรรยากาศเท่ากับ 29.92 IN.HG. และอุณหภูมิ + 15 °c ระยะสูงของพื้นที่มาตรฐานนี้จะเท่ากับศูนย์

<u>ความมุ่งหมาย</u> เครื่องวัดสูงเป็นเครื่องวัดที่จัดอยู่ในพวกเครื่องวัดที่ใช้งานในทางการบิน การรู้ระยะสูงของ บ. เป็นสิ่งสำคัญหลายประการ คือ

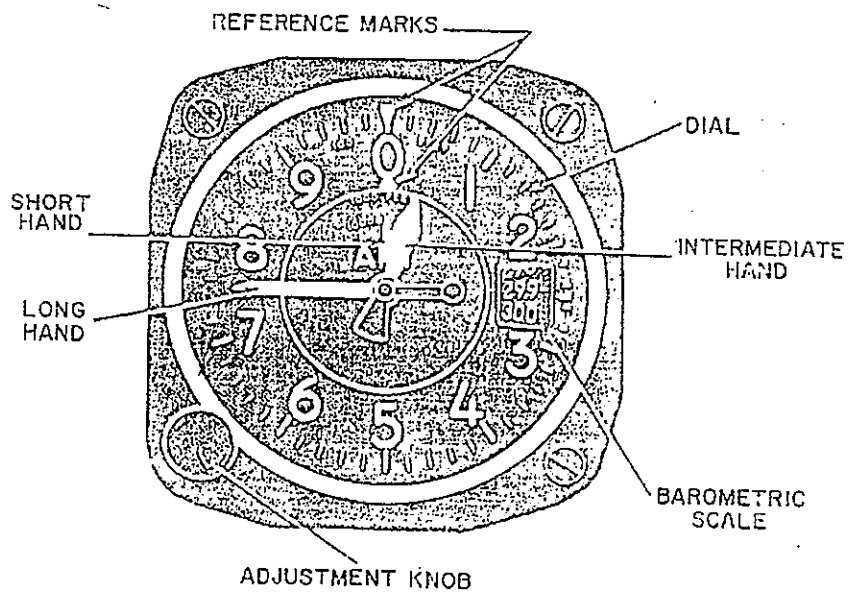
๑. ในการบินผ่านภูมิประเทศในขณะที่ทัศนวิสัยเลว ทำให้นักบินสามารถรักษาระยะสูงของ บ. ให้ปลอดภัยจากการชนสิ่งกีดขวาง เช่น ภูเขา เป็นต้น

๒. เมื่อนักบินได้รับแจ้งจากวิทยุถึงสภาพของอากาศที่จะปรวนแปรไป นักบินก็สามารถจะทำการบินให้อยู่ในระยะสูงที่พ้นจากระยะสูงที่มีพายุฝน หรือทำการบินให้อยู่ในระยะสูงที่จะใช้กระแสลมช่วยเพิ่มความเร็วของ บ.

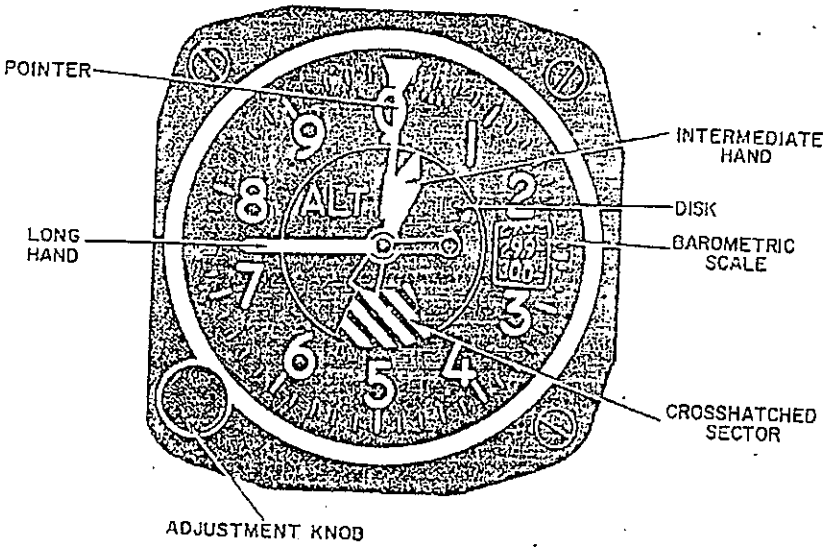
๓. ในการจราจรทางอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่ บ. บินผ่านไปมามาก ๆ บ. จำเป็นจะต้องรักษาระยะสูงของตนไว้ตามที่หอบังคับการบินกำหนดให้ มิฉะนั้นอาจจะเกิดการชนกันขึ้นได้

๔. ในการบินลงสนามโดยใช้เครื่องวัด เครื่องวัดสูงเป็นเครื่องวัดที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้นักบินบินลงสนามได้โดยถูกต้องและปลอดภัย

<u>ลักษณะทั่ว ๆ ไป</u> เครื่องวัดสูงที่ใช้กับ บ. ในปัจจุบันเป็นเครื่องวัดที่สามารถใช้วัดระยะสูงจากระดับความดันที่ได้ตั้งเอาไว้ ซึ่งสามารถจะปรับตั้งความดันได้โดยหมุนปุ่มปรับ BAROMETRIC SCALE กล่าวคือ การอ่านระยะสูงเหนือความดันระหว่าง ๒๘.๑ – ๓๑.๐ นิ้วปรอท จะปรับตั้งได้โดยอ่านค่าความดันได้โดยตรงจากช่อง BAROMETRIC SCALE แต่ถ้าต้องการให้เครื่องวัดอ่านระยะสูงเหนือความดันที่ต่ำกว่า ๒๘.๑ หรือสูงกว่า ๓๑.๐ นิ้วปรอท ก็ทำการปรับโดยอาศัย REFERENCE MARKER (ขีดรูป △ ๒ อัน) แต่ค่าที่อ่านออกมาจะเป็นฟุต PEFERENCE MARKER อันนอกจะอ่าน ฟุต X 100 และอันในอ่าน ฟุต X 1000

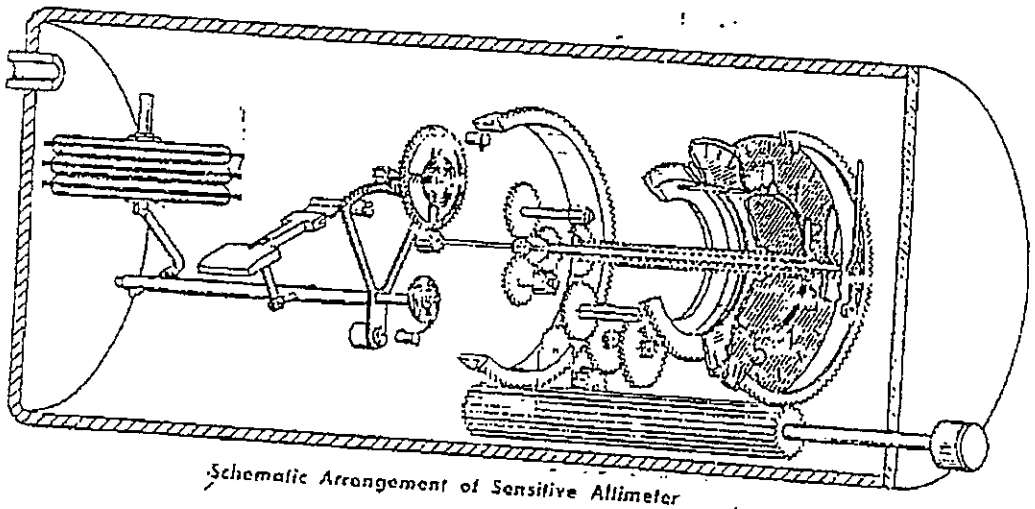


Old style altimeter dial.



New style altimeter dial.

เครื่องวัดสูงเป็นเครื่องมือที่ชี้แสดง ABSOLUTE PRESSURE ซึ่งจะชี้แสดงความดันของอากาศที่ความสูงของ บ. ที่กำลังบินอยู่ หน้าปัดของเครื่องวัดขีดแบ่งสเกลให้อ่านเป็นฟุตแทนหน่วยความดันภายใน เครื่องวัดสูงมีเครื่องชี้แสดงร่วมกันอยู่ ๓ อย่างคือ



Schematic Arrangement of Sensitive Altimeter

๑. REFERENCE MARKER ๒ อัน ชี้แสดงความดันเป็นฟุต

๒. BAROMETRIC SCALE ชี้แสดงความดันเป็นนิ้ว - ปรอท

๓. เข็มชี้แสดงระยะสูงของเครื่องวัด ประกอบด้วยเข็มชี้ ๓ อัน ชี้แสดงระยะสูงเป็นฟุตซึ่งเป็นการชี้แสดงความดันบรรยากาศที่กระทำบน ANEROID เป็นเครื่องชี้แสดงอย่างเดียวโน ๓ อย่าง ที่จะเคลื่อนที่ในระหว่างทำการบินเปลี่ยนแปลงระยะสูง

เข็มชี้ทั้งสามของเครื่องวัดชี้แสดงระยะสูงเป็นฟุตบนสเกลหน้าปัด อันเดียวกัน เข็มชี้อันยาวจะชี้อ่าน ฟุต X 100 อันกลางชี้อ่าน ฟุต X 1,000 อันสั้นชี้อ่าน ฟุต X 10,000 เครื่องวัดสูงที่มีระยะสเกลการอ่าน 0 – 35,000 ฟุต เข็มยาวจะเคลื่อนที่ไปได้ ๓๕ รอบ เข็มกลางเคลื่อน ๓.๕ รอบ และเข็มสั้นเคลื่อนที่ได้ ๐.๓๕ รอบ สำหรับเครื่องวัดสูงที่มีระยะสเกลอ่าน ๐ – ๕๐,๐๐๐ ฟุต เข็มยาวจะเคลื่อนที่ได้ ๕๐ รอบ เข็มกลาง ๕ รอบ และเข็มสั้น ๐.๕ รอบ REFERENCE MARKER หรือ SETTING MARKER ๒ อัน ปรับตั้งได้โดยหมุนปุ่มปรับ BAROMETRIC SCALE เครื่องหมายนี้ชี้แสดงการอ่านระยะสูงเหนือหรือใต้ ABSOLUTE PRESSURE บนสเกลหน้าปัดของเครื่องวัด เครื่องหมายอันนอกชี้แสดง ฟุต X 100 และอันในชี้แสดง ฟุต X 1,000 ที่ติดตั้ง REFERENCE MARKER ขึ้น ก็เพราะว่า BAROMETRIC SCALE มีขีดระยะสเกลจำกัด ฉะนั้นจึงให้ใช้ REFERENCE MARKER แทนในเมื่อต้องการอ่านค่าที่อยู่นอกขีดจำกัดของ BAROMETRIC SCALE (28.1 – 31.0 IN.HG)

BAROMETRIC SCALE มองเห็นได้ทางช่องซึ่งเจาะไว้ที่หน้าปัดของเครื่องวัดชี้แสดงความกดของอากาศเป็นนิ้ว – ปรอท มีระยะสเกล ๒๘.๑ – ๓๑.๐ นิ้ว – ปรอท เนื่องจากความกดของอากาศเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับระยะสูง การเปลี่ยนแปลงนี้เกือบจะคงที่หรือถือได้ว่าคงที่ คือทุกระยะสูงที่เปลี่ยนไป ๑,๐๐๐ ฟุต ความกดจะจะลดลงประมาณ ๑ นิ้ว – ปรอท จึงทำให้สามารถที่จะติดตั้งอุปกรณ์สำหรับปรับตั้งความดันให้ทำงานร่วมกับกลไกเครื่องวัดได้ เพื่อที่จะให้เครื่องวัดอ่านชี้ระยะสูงเหนือระดับความดันที่ต้องการทราบได้โดยถูกต้อง ทั้งนี้กระทำได้โดยการหมุน

SETTING KNOB ที่มุมล่างด้านซ้ายทางด้านหน้าของเครื่องวัด ขณะที่หมุนปุ่มปรับตั้งความดันกลไกภายในเครื่องวัด BAROMETRIC SCALE และ REFERENCE MARKER จะเคลื่อนที่ไปและชี้แสดงความสูงเหนือความดันที่ปรับตั้งไว้

เข็มทั้งสามอย่างของเครื่องวัดจะต้องอ่านสัมพันธ์กันคือ เมื่อปรับ BAROMETRIC SCALE ที่ ๒๙.๙๒ นิ้ว – ปรอท (หรือ 1013 MILLIBAR สำหรับเครื่องวัดที่วัดความกดอากาศเป็น MILLIBAR) REFERENCE MARKER ทั้งสองจะต้องชี้อ่านที่ ๐ ฟุต เข็มชี้ระยะสูงชี้อ่านที่ระยะสูงเหนือระดับความดัน ๒๙.๙๒ นิ้ว – ปรอท

<u>หลักการทำงาน</u> สิ่งสำคัญที่สุดของเครื่องวัดสูงก็คือ ANEROID ความดันสแตติคจากท่อทางสแตติคจะเข้ามาอยู่ภายในตัวเรือนเครื่องวัดซึ่งเป็นชนิด AIRTIGHT ขณะที่ บ. อยู่ที่สนามบินเครื่องวัดจะชี้แสดงระยะสูงของสนามบินเหนือระดับความดันที่ได้ปรับตั้ง BAROMETRIC SCALE ไว้ เราทราบแล้วว่าความดันจะลดลงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับระยะสูงที่เพิ่มขึ้น ฉะนั้นเมื่อ บ.ทำการบินสูงขึ้นก็จะทำให้ ANEROID ขยายตัวถึงแม้ว่าการเคลื่อนที่ของ ANEROID จะเป็นไปเพียงเล็กน้อย เช่นเมื่อทำการบินอยู่ที่ระยะสูง ๑๐,๐๐๐ ฟุต กลไกคูณของเครื่องวัดก็สามารถจะขยายการเคลื่อนตัวนี้ให้เข็มชี้อันยาวเคลื่อนที่ได้ถึง ๑๐ รอบ เข็มชี้อันกลางเคลื่อนที่ ๑ รอบ และเข็มชี้อันสั้นเคลื่อนที่ ๑/๑๐ รอบ ในการทำงานของเครื่องวัดนี้ สมมุติว่าเครื่องวัดอยู่ที่ระดับน้ำทะเล ความดันบรรยากาศ ๒๙.๙๒ นิ้วปรอท โดยการหมุน SETTING KNOB ปรับ BAROMETRIC SCALE ให้อ่านที่ ๒๙.๙๒ ปรอท เข็มชี้แสดงระยะสูง ทั้งสองจะชี้อ่านที่ศูนย์ (เป็นข้อที่ควรจำไว้ว่าเมื่อเข็มชี้ของเครื่องวัดอยู่ที่ศูนย์ BAROMETRIC SCALE จะอ่านความดันซึ่งอยู่รอบ ๆ เครื่องวัด ถ้านำเครื่องวัดสูงเรือนนี้ไปไว้ในที่ซึ่งอยู่เหนือระดับน้ำทะเล (ความดัน ๒๙.๙๒ นิ้ว – ปรอท) ๑,๐๐๐ ฟุต เข็มจะชี้อ่านที่ ๑,๐๐๐ ฟุต แต่ REFERENCE MARKER และ BAROMETRIC SCALE จะอยู่คงที่ เนื่องจากกลไกของมันไม่ผลกระทบกระเทือนอย่างใด เมื่อระยะสูงเปลี่ยนในเวลาต่อมา ณ พื้นที่เครื่องวัดอ่าน ๑,๐๐๐ ฟุตนี้ ปรากกว่าเข็มเครื่องวัดชี้อ่าน ๘๐๐ ฟุต ลดจากเดิม ๒๐๐ ฟุต ฉะนั้นการที่จะปรับแก้ให้เครื่องวัดอ่านถูกต้องที่ ๑,๐๐๐ ฟุต จำเป็นต้องปรับ BAROMETRIC SCALE ใหม่โดยสอบถามความดันที่ระดับทะเลจากสถานีตรวจอากาศซึ่งจะปรากฏว่าเปลี่ยนจาก ๒๙.๙๒ นิ้วปรอท เป็น ๓๐.๑๔ นิ้วปรอท ให้ปรับ BAROMETRIC SCALE ให้อ่านที่ ๓๐.๑๔ นิ้วปรอท เข็มชี้ของเครื่องวัดก็จะชี้อ่าน ๑,๐๐๐ ฟุตตามเดิม ในการที่หมุนปุ่มปรับตั้ง BAROMETRIC SCALE ให้อ่านที่ ๓๐.๑๔ นิ้วปรอทนี้ REFERENCE

MARKER จะเคลื่อนทวนนาฬิกาไปอยู่ที่ ๘๐๐ ฟุต แสดงให้ทราบว่าในขณะนี้ระดับความดันมาตรฐาน (๒๙.๙๒ นิ้วปรอท) อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเล ๒๐๐ ฟุต การอ่านชี้แสดงของ REFERENCE MARKER ให้ถือหลักการ ดังนี้

๑. REFERENCE MARKER อยู่ที่ ๐ BAROMETRIC SCALE จะอ่านที่ ๒๙.๙๒ นิ้วปรอท

๒. REFERENCE MARKER เคลื่อนที่ทวนนาฬิกา แสดงให้ทราบว่าระดับความดันมาตรฐานอยู่สูงกว่าระดับความดันที่ตั้งใหม่เท่ากับระยะที่ REFERENCE MARKER เคลื่อนที่ไปจากศูนย์ แต่การอ่านระยะสเกลหน้าปัด จะอ่านโดยถือเลขสเกลหน้าปัด ๙ แทน ๑ เลขสเกลหน้าปัด ๘ แทน ๒ ฯลฯ

๓. REFERENCE MARKER เคลื่อนที่ตามนาฬิกา แสดงให้ทราบว่าระดับความดันมาตรฐานอยู่ต่ำกว่าระดับความดันที่ตั้งใหม่เท่ากับระยะที่ REFERRENCE MARKER เคลื่อนที่ไปจากศูนย์การอ่านระยะจะอ่านได้จากสเกลหน้าปัดโดยตรง

สำหรับการแก้ความเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง กลไกของเครื่องวัดสูงจะทำหน้าที่ปรับแก้โดยอัตโนมัติ โดยการประกอบแผ่น BIMETALLIC กับกลไกซึ่งจะทำให้การยืดหรือหดตัวของกลไกไม่กระทบกระเทือนต่อการทำงานของกลไกเครื่องวัด

<u>SCALE CORRECTION CARD</u> เนื่องจากการคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดสูงซึ่งเกิดจากกลไกภายในเครื่องวัดไม่อาจจะแก้ไขให้หมดไปได้ จากคำแนะนำของหนังสือคู่มือจะมีตารางกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของเครื่องวัดสูงไว้ ถ้าเครื่องวัดคลาดเคลื่อนไม่เกินเกณฑ์ก็ให้ถือว่าให้ใช้งานราชการได้ ฉะนั้นเพื่อที่จะให้ทราบถึงระยะสูงที่แท้จริง เมื่อเครื่องวัดได้รับการตรวจสอบและรับรองว่าใช้ราชการได้แล้วจะมีแผ่นปรับแก้ติดมาด้วย แผ่นปรับแก้นี้ควรจะติดอยู่ให้ใกล้เครื่องวัดเท่าที่จะใกล้ได้ เพื่อให้สะดวกในการอ่าน ดังนั้นที่ระยะสูงหนึ่ง ๆ ระยะสูงที่แท้จริงจะเป็นค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด บวกทางพีชคณิตด้วยค่าที่ได้จากตารางปรับแก้

วิธีการปรับตั้งเครื่องวัดสูง เครื่องวัดสูงมีวิธีการปรับตั้งเพื่อใช้งานอยู่ ๒ วิธี คือ

๑. การปรับตั้งเครื่องวัดสูงเพื่อใช้สำหรับการบินในภูมิประเทศที่ทราบลักษณะของภูมิประเทศ นั้นดีให้ปรับตั้ง BAROMETRIC SCALE ให้อ่านที่ความดันระดับน้ำทะเล ซึ่งเข็มชี้แสดงระยะสูงจะชี้แสดงความสูงเหนือระดับน้ำทะเล

๒. การปรับตั้งความดันตามสนามบิน วิธีนี้ไว้สำหรับในการบินลงสนามหรือบินหมู่ เมื่อทำการปรับตามวิธีนี้ เข็มชี้ระยะสูงจะชี้แสดงความสูงเหนือสนามบินนั้น ๆ โดยเฉพาะ REFERENCE MARKER ชี้แสดงความสัมพันธ์ของระยะสูงระหว่างระดับความดันมาตรฐานกับสนามบินนั้น และ BAROMETRIC SCALE จะชี้แสดงความดันบรรยากาศของสนามบิน เมื่อ บ. อยู่ที่พื้นดิน ณ สนามบิน เข็มชี้ของเครื่องวัดสูงจะชี้ที่ ๐

<u>การติดตั้ง</u> ติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัดใกล้กับเครื่องวัดเร็วและเครื่องวัดอัตราไต่

<u>การตรวจก่อนบิน</u>

๑. ตรวจปุ่มว่าหมุนได้คล่องหรือไม่ในขณะที่ทำการหมุนปุ่มปรับ BAROMETRIC SCALE, REFERENCE MARKER และเข็มชี้จะต้องเคลื่อนที่เรียบ

๒. ก่อนทำการบินโดยปกติจะปรับตั้ง BAROMETRIC SCALE ให้อ่านที่ความดันของระดับน้ำทะเลในขณะนั้น

<u>การตรวจประจำ ๕๐ ชม.</u> เครื่องวัดสูงต้องได้รับการตรวจดังนี้

๑. ปรับ BAROMETRIC SCALE ให้อ่านที่ ๒๙.๙๒ นิ้วปรอท REFERENCE MARKER จะชี้อ่านที่ ๐ อ่านการชี้แสดงของเข็มชี้ระยะสูง และคำนวณหาระยะสูงที่แท้จริงจากแผ่นปรับแก้ ตรวจสอบกับเครื่องวัดสูงมาตรฐาน เข็มชี้จะต้องชี้คลาดเคลื่อนไม่เกิน ± ๓๐ ฟุต

๒. ถ้าเครื่องวัดคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์ดังกล่าวให้ทำการปรับตั้งเข็มเครื่องวัดสูงโดยหมุนปุ่มปรับตั้งให้เข็มชี้ระยะสูงของเครื่องวัดให้อ่านเท่ากับเครื่องวัดมาตรฐาน (ปรับตั้งความดันไว้ที่ ๒๙.๙๒ นิ้วปรอท) ต่อจากนั้นให้คลายสลักเกลียวที่อยู่ทางด้านซ้ายของปุ่มปรับตั้งจนกระทั่งทำสลักพ้นจากตัวเรือน (อย่าถอดสลักเกลียวออก) ค่อย ๆ ดันสลักเกลียวไปทางซ้ายดึงปุ่มปรับขึ้นและหมุนซึ่ง จะทำให้ REFERENCE MARKER และ BAROMETRIC SCALE เคลื่อนที่ แต่เข็มชี้ระยะสูงจะคงที่เดิมหมุนปุ่มปรับตั้ง BAROMETRIC SCALE จนกระทั่ง BAROMETRIC SCALE อ่านที่ ๒๔.๙๒ นิ้วปรอท ซึ่งในขณะนี้จะเห็นได้ว่าเข็มชี้ระยะสูง BAROMETRIC SCALE และ REFERENCE MARKER ของเครื่องวัดอ่านตรงกับเครื่องวัดมาตรฐานทุกประการ จากนั้นให้กดปุ่มปรับตั้งลง เลื่อนสลักเกลียวไปทางขวาและขันให้แน่น

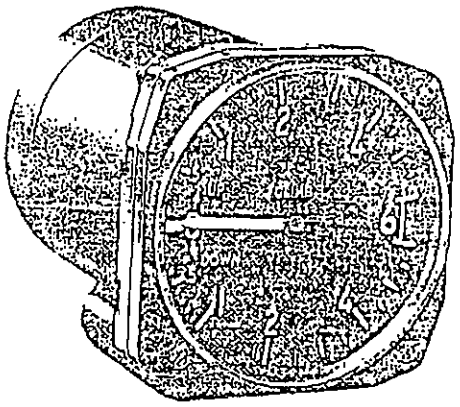
RATE OF CLIMB INDICATOR

RATE OF CLIMB IND: หรือในตำราบางเล่มเรียกว่า VERTICAL SPEED IND. เครื่องวัดนี้เป็นเครื่องที่สำคัญอย่างหนึ่งในประเภทเครื่องวัดที่ใช้ในทางการบิน เป็นเครื่องวัดชนิดวัดความดันแตกต่างเช่นเดียวกับเครื่องวัดเร็ว ตัวเรือนเป็นชนิด AIRTIGHT เครื่องวัดทำงานชี้แลดงอัตราระยะสูงที่ บ. เปลี่ยนไปเป็น ฟุต/นาที ประโยชน์ของเครื่องวัดก็เพื่อ

๑. ให้นักบินทราบว่า บ. กำลังอยู่ในลักษณะใด บินระดับ ไต่หรือดำ

๒. ให้นักบินสามารถไต่หรือดำด้วยอัตราตามที่กำหนดของ บ. แบบนั้น ๆ

ในขณะ บ.บินอยู่ในระดับ เข็มของเครื่องวัดอัตราไต่จะอยู่ในแนวขอบฟ้า (แนวระดับ) เมื่อ บ. อยู่ในลักษณะดำ เข็มชี้จะเคลื่อนที่ทวนนาฬิกา แสดงว่า บ. กำลังดำ ระยะสเกลของเครื่องวัดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี ๐ – ๒,๐๐๐ ฟุต/นาที และ ๐ – ๖,๐๐๐ ฟุต/นาที

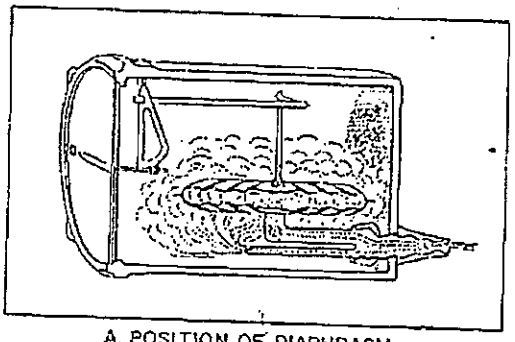


-Three-Quarter View—Types AN5825-1, Army Type C-2 (Pioneer Types 1636-6A-A1, 1636-6A-B1 and 1636-6H-B1) and AN5025-2, Army Type C-3 (Pioneer Types 1636-6G-B1 and 1636-6K-B1)

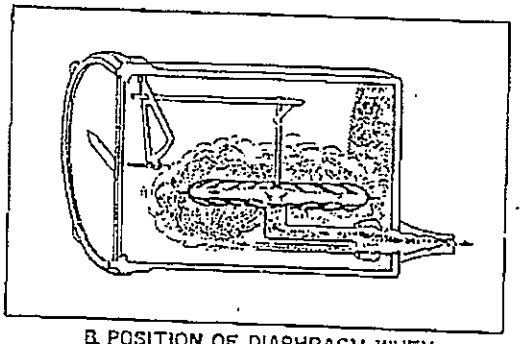
<u>หลักการทำงาน</u> ในขณะทำการบิน ความดันบรรยากาศจะลดลงเมื่อ บ. ไต่ขึ้น และความดันจะเพิ่มขึ้นเมื่อ บ.ดำลง หลักการนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการทำงานของเครื่องวัดอัตราไต่ ซึ่งเครื่องวัดจะวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนระยะสูง

เครื่องวัดประกอบด้วย DIAPHRAGM ที่มีความไวสูงและ CALIBRATE DIFFUSER บรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิดAIRTIGHT การทำงานของเครื่องวัดขึ้นอยู่กับการทำงานของ DIAPHRAGM และ DIFFUSER ที่เปลี่ยนแปลงตามความดันบรรยากาศในขณะทำการบิน

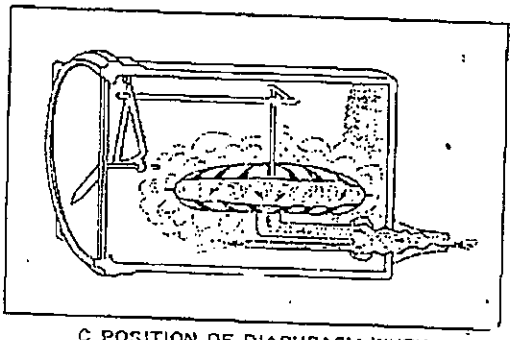
STATIC PRESSURE จากท่อทางสแตติคจะเข้ามายังไดอะแฟรมโดยตรงและทันที ส่วน DIFFUSER จะมีหน้าที่ให้ความดันสแตติคเข้าหรือออกจากตัวเรือนช้า ๆ ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าความดันภายในไดอะแฟรมจะเปลี่ยนในทันทีทันใด แต่ความดันภายในตัวเรือน (นอกไดอะแฟรม) จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้า ๆ ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันระหว่างภายในและภายนอกไดอะแฟรมขึ้น



A. POSITION OF DIAPHRAGM AT LEVEL FLIGHT



B. POSITION OF DIAPHRAGM WHEN PLANE IS CLIMBING



C. POSITION OF DIAPHRAGM WHEN PLANE IS DESCENDING

Operation of a basic vertical-speed indicator.

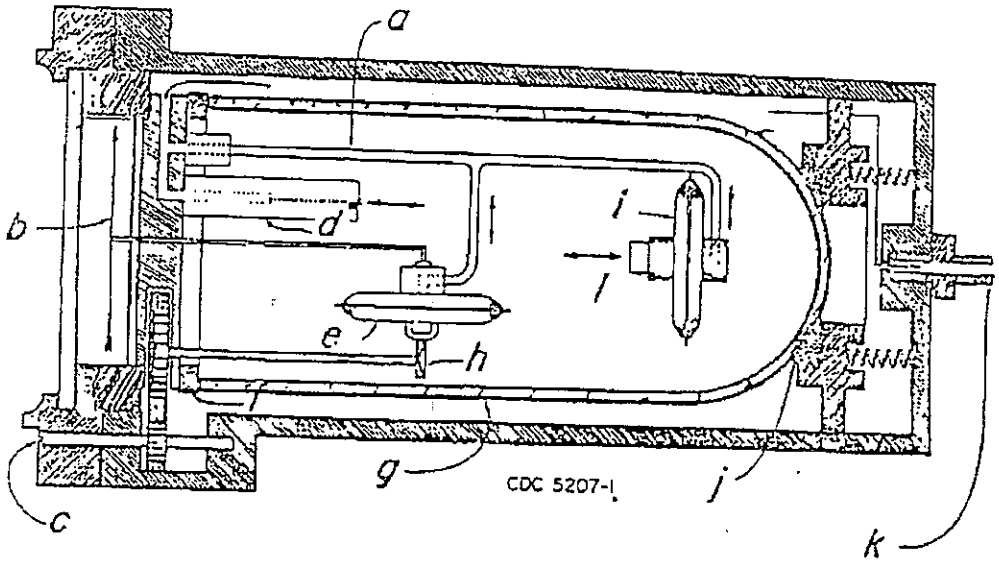
ความแตกต่างของความดันนี้จะถูกอำนวยโดยเครื่องกลไกและทำให้เข็มชี้ ชี้แสดงบนสเกลหน้าปัดในหน่วยฟุต/นาที การเคลื่อนที่ของเข็มชี้จะชี้แสดงอัตราการไต่หรือดำตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศที่อยู่รอบ ๆ บ.

เมื่อความดันภายในไดอะแฟรมเท่ากับความดันภายในตัวเรือน เข็มชี้จะชี้แสดงที่ตำแหน่ง ๐ โดยไม่คำนึงถึงว่าระยะสูงจะเป็นเท่าไร่ ขณะที่ บ. เปลี่ยนแปลงระยะสูงความดันภายในไดอะแฟรมจะเท่ากับความดันของระยะสูงนั้น ๆ ทันที แต่ความดันภายในตัวเรือนจะเปลี่ยนไปอย่างช้า ๆ ในสภาพเช่นนี้จะทำให้เข็มชี้เบนไปจากตำแหน่ง "๐ " แสดงอัตราการไต่ของ บ. ถ้าระยะสูงลดลงความดันภายในไดอะแฟรมจะลดลงเร็วกว่าความดันภายในตัวเรือน ไดอะแฟรมจะขยายตัวและเข็มชี้จะชี้ในทางดำ

ถ้าความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกไดอะแฟรมสูงมากจะทำให้อัตราการไต่หรือดำเป็นไปอย่างรวดเร็วไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง การปรับแก้ให้เครื่องวัดอ่านถูกต้อง จะต้องปรับความแตกต่างของความดันทั้งลองนี้ที่ CALIBRATE DIFFUSER ซึ่งจะต้องกระทำที่โรงงานเท่านั้นและเนื่องจากการที่ DIFFUSER ทำให้ความดันเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้า ๆ นี้จะทำให้เข็มชี้ไม่กลับมาชี้แสดงที่ ๐ หรือ ระดับทันที เมื่อ บ.กลับมาบินอยู่ในระดับ ดังนั้น ถ้า บ. กลับมาบินอยู่ในระดับภายหลังการไต่ แต่เครื่องวัดยังแสดงว่าไต่เป็นเวลา ๕ – ๑๐ วินาที หรือภายหลังการดำแต่เครื่องวัดยังแสดงว่า บ. ดำเป็นเวลา ๒ – ๓ วินาที ให้ถือว่าเป็นการทำงานตามปกติของเครื่องวัด

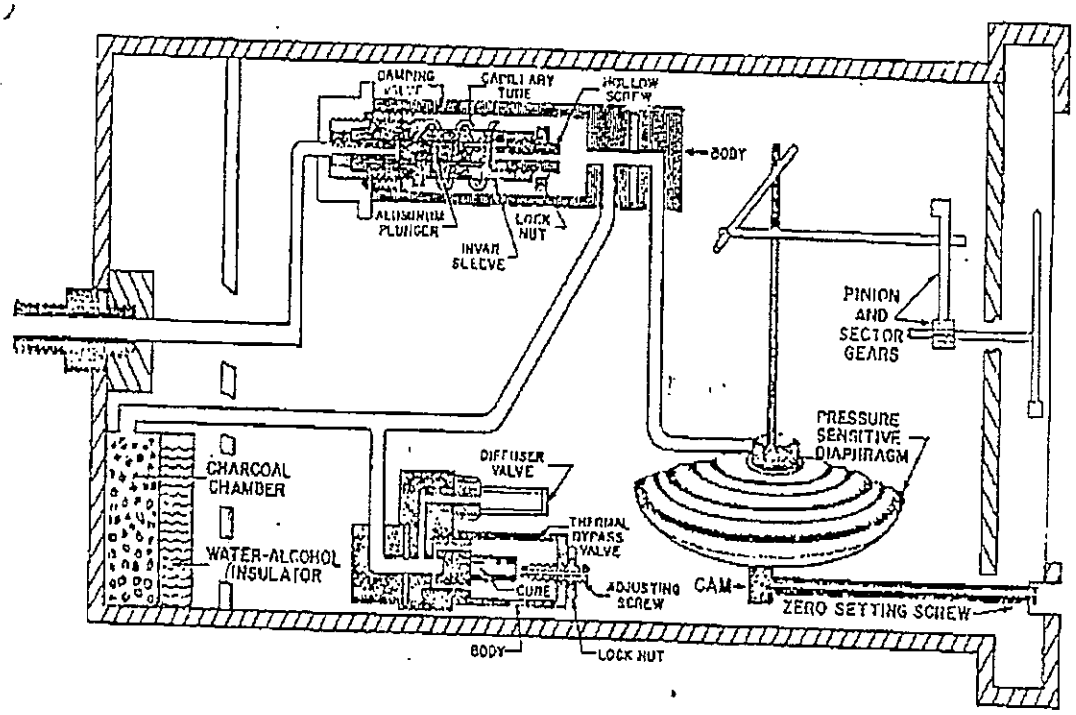
เครื่องวัดอัตราไต่บางแบบมี DAMPING VALVE ASSY และ CONTAINER ASSY ประกอบอยู่ด้วย สำหรับ DAMPING VALVE ASSY ทางปลายด้านหนึ่งมีรูซึ่งจะเปิดรับความดันสแตติค และทางปลายอีกด้านหนึ่งต่อกับ CONTAINER ASSY ตอนใกล้ด้านที่จะต่อเข้า CONTAINER ASSY มีท่อที่อ่อนตัวได้ต่อแยกไปเข้า DIAPHRAGM ASSY เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง DAMPING VALVE ASSY จะทำหน้าที่ปรับแก้ความดันโดยจะจำกัดและเปลี่ยนแปลงการไหลของความดันของสแตติค จาก DAMPING VALVE ASSY ที่จะเข้ามา CONTAINER ASSY และไดอะแฟรม

สำหรับ CONTAINER ASSY ติดตั้งอยู่ภายนอกทางด้านหลังตัวเรือนมีฝาครอบปิดไว้ มีหน้าที่รักษาอุณหภูมิให้คงที่ตลอดเวลา CONTAINER ASSY แบ่งออกเป็น ๒ ช่อง ช่องหนึ่งบรรจุ CHARCOAL อีกช่องหนึ่งบรรจุแอลกอฮอล์และน้ำ CONTAINER ASSY มีท่อเล็ก ๆ ต่อไปยังไดอะแฟรมและ DAMPING VALVE ASSY เมื่ออุณหภูมิลดลง CHARCOAL จะดูดอากาศเข้ามาและถ่ายอากาศออกเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของ CHARCOAL ขณะที่อุณหภูมิภายในตัวเรือนลดลง อากาศภายในตัวเรือนจะทำให้ความดันที่กระทำอยู่ภายนอกไดอะแฟรมลดลง ไดอะแฟรมจะขยายตัว แต่ในขณะเดียวกัน CONTAINER ASSY ก็จะมีอุณหภูมิลดลงเนื่องจากความดันภายในตัวเรือนลดลง ฉะนั้น CHARCOAL จะดูดอากาศภายในไดอะแฟรม ทำให้ความดันภายในไดอะแฟรมลดลง ซึ่งจะเป็นเหตุทำให้ไดอะแฟรมกลับมาอยู่ที่ตำแหน่ง NEUTRAL ตามเดิม อัตราการดูดของ CHARCOAL นี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง



A. CAPILLARY TUBE
B. POINTER
C. SCREW (ZERO POINTER ADJUSTMENT)
D. DIFFUSER VALVE
E. DIAPHRAGM
F. GASKET
G. THERMOS CHAMBER
H. CAM
I. OVERPRESSURE DIAPHRAGM
J. CUSHION
K. STATIC INLET NIPPLE
L. RELIEF VALVE

Thermos-compensated vertical-speed indicator.



. Charcoal-compensated vertical-speed indicator.

เครื่องวัดอัตราไต่บางแบบ เช่นเครื่องวัดที่สร้างโดยบริษัท BENDIX – PIONEER แบบ 1625 – CL, 1634 – AL และ 1644 – AL ไม่มี DAMPING VALVE ASSY และ CONTAINER ASSY เครื่องวัดแบบดังกล่าวนี้ ความดันสแตติดต่อไปเข้ายังไดอะแฟรมโดยตรง ส่วนความดันภายในตัวเรือนจะแยกจากท่อทางเข้าไดอะแฟรมมายัง CALIBRATED, TEMPERATURE COMPENSATED,DIFFUSER VALVE ASSY แล้วจึงออกอยู่ภายในตัวเรือนเครื่องวัด

เครื่องวัดจะปรับตั้งเข็มให้ชี้แสดงที่ ๐ ได้โดยปุ่มปรับหรือสลักเกลียวปรับซึ่งอยู่ทางด้านหน้าเครื่องวัด

<u>การติดตั้ง</u> ติดตั้งอยู่ใกล้เครื่องวัดที่ใช้ในทางการบิน

<u>การตรวจก่อนบิน</u> เคาะเครื่องวัดเบา ๆ แล้วสังเกตตำแหน่ง 0 ของเข็มชี้ ถ้าเข็มไม่อยู่ที่ 0 ให้หมุนปุ่มปรับหรือสลักเกลียวปรับ ให้เข็มชี้อยู่ที่ 0 ถ้าเข็มชี้ไม่สามารถจะปรับให้อยู่ที่ 0 ได้ให้เปลี่ยนเครื่องวัดและส่งเครื่องวัดเข้าซ่อม

<u>การตรวจประจำ ๕๐ ชม.</u> เครื่องวัดจะต้องตรวจทดลองการทำงาน ก่อนทำการทดลอง ให้ปรับตั้งเข็มให้อยู่ที่ ๐

๑. วางเครื่องวัดใน VACUUM CHAMBER ซึ่งอยู่กับ MERCURY MANOMETER

๒. ใช้แรงดูดให้เครื่องวัดอ่านที่อัตราการไต่ 500/ ฟุต/นาที

๓. จับเวลาที่ระยะสูงของ MANOMETER อ่านจาก ๒๐๐๐ ถึง ๓๐๐๐ ฟุต ซึ่งจะเป็นเวลา ๒ นาที

ระยะสูงระหว่าง ฟุต	อัตราที่ชี้แสดง ฟุต/นาที	เวลา วินาที	อัตราที่แท้จริง ฟุต/นาที	คลาดเคลื่อน ฟุต/นาที	เกณฑ์คลาดเคลื่อน ฟุต/นาที
๒๐๐๐ - ๔๐๐๐	๕๐๐				๑๐๐
๔๐๐๐ - ๒๐๐๐	๕๐๐				๑๐๐
๒๐๐๐ - ๔๐๐๐	๑๐๐๐				๒๐๐
๔๐๐๐ - ๒๐๐๐	๑๐๐๐				๒๐๐
๒๐๐๐ - ๔๐๐๐	๒๐๐๐				๓๐๐
๔๐๐๐ - ๒๐๐๐	๒๐๐๐				๓๐๐
๒๐๐๐ - ๔๐๐๐	๓๐๐๐				๓๐๐
๔๐๐๐ - ๒๐๐๐	๓๐๐๐				๓๐๐

๔. คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนระยะสูงที่แท้จริง ตามสูตร

$$\text{อัตราการเปลี่ยนระยะสูง (ฟุต/นาที)} = \frac{\text{ระยะสูงที่เปลี่ยนแปลง} \times 60}{\text{เวลา (วินาที)}}$$

<u>ตัวอย่าง</u> สมมุติว่าเครื่องวัดอัตราไต่ของ บ. ชี้แสดงอัตราการไต่ ๕๐๐ ฟุต/ นาที ในการเปลี่ยนระยะสูงจาก ๒๐๐๐ ถึง ๔๐๐๐ ใช้เวลา ๒๔๐ วินาที

$$\text{อัตราการเปลี่ยนระยะสูง (ฟุต/นาที)} = \frac{2000 \times 60}{240} = 500 \text{ ฟุต/นาที}$$

ดังนั้นแสดงว่าเครื่องวัดอัตราไต่ชี้แสดงการทำงานถูกต้อง

๕. ทดลองเครื่องวัดตามเกณฑ์ที่ให้ไว้ตามตาราง ถ้าปรากฏว่าเครื่องวัดไม่ชี้แสดงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมให้คลาดเคลื่อน ให้เปลี่ยนเครื่องวัดและส่งเครื่องวัดเข้าซ่อม

บทที่ ๒

ระบบ Self – Synchronous

<u>ความมุ่งหมาย</u> ระบบ SELF SYNCHRONOUS ติดตั้งกับ บ. เพื่อความมุ่งหมายในการที่จะอำนวยการวัดสิ่งที่เคลื่อนที่ทางกลจากจุดที่ต้องการวัดให้ไปชี้แสดงยังอีกจุด ๆ หนึ่งที่อยู่ห่างไกลออกไป การอำนวยการวัดเป็นไปโดยไฟฟ้า SELF SYNCHRONOUS เป็นชื่อที่เรียกกันทั่ว ๆ ไปของระบบการถ่ายทอดการวัด (REMOTE INDICATING) บริษัทผู้สร้างแต่ละบริษัทได้ตั้งชื่อเรียกเป็น TRADE NAME ต่าง ๆ กัน เช่น AUTOSYN, SELSYN, TELETORQUE, LEARSYN. เป็นต้น ซึ่งก็ล้วนแล้วแต่ซึ่งทั้งหมดเป็นระบบ SELF SYNCHRONOUS ทั้งสิ้น

<u>ประโยชน์</u> ประโยชน์ของระบบนี้ก็เพื่อที่จะลดพื้นที่น้ำหนัก ลดอันตรายที่จะเกิดจากไฟไหม้ การสูญเสียของเหลว การชำรุดในทางกล ง่ายในการประกอบติดตั้งและบำรุงรักษา

ใน บ. ปัจจุบันจะพบว่ามีระบบ SELF - SYNCHRONOUS เกี่ยวข้องอยู่ทั้งสิ้นซึ่งอาจจะเป็นการวัดความอัด เช่น ความอัดน้ำมันหล่อลื่น , เชื้อเพลิง , ไฮดรอลิค ฯลฯ นอกจากนั้นจะพบในระบบการวัดของไหลของเชื้อเพลิง เครื่องบอกตำแหน่ง เครื่องวัดรอบ เครื่องวัดอุณหภูมิ และ เครื่องวัดระดับของเหลว

ระบบ SELF SYNCHRONOUS จะพบมากในระบบการวัดความดันแบบ AUTOSYN ซึ่งจะได้อธิบายถึงส่วนประกอบและหลักการทำงานของมันโดยละเอียด

๑. ระบบ AUTOSYN

ระบบ AUTOSYN ประกอบด้วย TRANSMITER เครื่องวัด, สายไฟที่ใช้ต่อระหว่าง TRANSMITTER และเครื่องวัด, กำลังไฟ 26 V.400 Cycle 1 PH.

TRANSMITTER ประกอบด้วย AUTOSYN MOTOR และชุดกลไกการวัด

เครื่องวัด ประกอบด้วย AUTOSYN MOTOR สเกลหน้าปัดและเข็มชี้

กำลังไฟ 26 V.400 CYCLE.1 PH. ได้มาจากระบบ INVERTER ของ บ. จะถูกส่งไปยัง ROTOR ของ AUTOSYN MOTOR ทั้ง TRANSMITTER โดยผ่านสายใยและเครื่องวัดโดยผ่านแปรง (BRUSH) และระบบลามรถใช้แรงเคลื่อนได้สูงถึง 52 V.800 CYC.1 PH.ตามปกติ FREQUENCY จะต้องใช้เป็น 13 – 17 เท่าของแรงเคลื่อน

AUTOSYN MOTOR ทั้งของ TRANSMITTER และเครื่องวัดมีลักษณะการสร้างและคุณสมบัติในทางไฟฟ้าเหมือนกัน ทำงานโดยการชักนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนประกอบที่สำคัญของ AUTOSYN MOTOR ก็คือ STATOR และ ROTOR

ROTOR เป็นชนิด ๒ ขั้ว มีขดลวดไฟฟ้า ๒ ขดพันอยู่บน LAMINATED CORE

STATOR เป็นชนิด ๓ PHASE ประกอบด้วยขดลวด ๓ ขด ต่อกันแบบ Y (STAR)

ชุดกลไกการวัด ใช้ BOURDON,DIAPHRAGM หรือ BELLOW มีลักษณะการสร้างและการทำงานเหมือนกันกับเครื่องวัดความดัน แต่ PINION แทนที่ยึดสวมอยู่กับแกนของเข็มชี้กับให้สายยึดอยู่กับแกนของ ROTOR

<u>หลักการทำงาน</u> TRANSMITTER ติดตั้งอยู่ใกล้สิ่งที่ต้องการวัด มีท่อที่อ่อนตัวได้จากสิ่งที่ต้องการวัดมาเข้าชุดกลไกการวัด

ชุด AUTOSYN MOTOR ของ TRANSMITTER และเครื่องวัดต่อกันแบบขนานตำแหน่งของ ROTOR ของ TRANSMITTER จะถูกอำนวยโดยสิ่งที่ต้องการวัด สมมุติว่าเป็นความอัดหล่อลื่นซึ่งจะเข้ามาดันให้ BOURDON ยืดตัวออกอำนวยให้ SECTOR เคลื่อนที่ในแนวหมุนโดย LINK ซึ่งยึดอยู่ระหว่าง BOURDON กับ SECTOR ซึ่งมีฟันกินอยู่กับ SECTOR PINION ซึ่งสวมติดอยู่กับ ROTOR จะทำให้ PINION หมุนไปเป็นผลให้ ROTOR หมุนตามไปด้วย ฉะนั้นจะเห็นได้ว่า ROTOR ของ TRANSMITTER จะอยู่ที่ตำแหน่งใดนั้น ขึ้นอยู่กับความดันของสิ่งที่ต้องการวัด

ตำแหน่งของ ROTOR ของเครื่องวัดเคลื่อนที่ได้เป็นอิสระและมีแกนของเข็มชี้ต่ออยู่โดยตรงกับแกนของ ROTOR,ROTOR จะเคลื่อนที่ไปโดยการชักนำของเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวด STATOR ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ ROTOR ของเครื่องวัดและ TRANSMITTER มิได้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เครื่องวัดจะหยุดการเคลื่อนที่เมื่ออยู่ในตำแหน่งเดียวกับ ROTOR ของ TRANSMITTER

เพื่อที่จะให้เข้าใจการทำงานของระบบ AUTOSYN ควรระลึกถึงหลักเบื้องต้นของ TRANSFORMER ๒ ประการที่ต้องเข้าใจคือ

๑. สนามแม่เหล็กที่ถูกชักนำขึ้นโดยขดลวด SECONDARY จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับขดลวด PRIMARY เสมอ

๒. แรงเคลื่อนที่ถูกชักนำเปลี่ยนแปลงได้โดยการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งของขดลวด PRIMARY และ SECONDARY ตามหลักของ NUTUAL INDUCTANCE ซึ่งจะมีค่ามากที่สุดเมื่อขดลวด ๒ ขด ขนานกัน และแรงเคลื่อนจะลดน้อยลงตามลำดับเมื่อ COIL เริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ขนานกันและจะน้อยที่สุดหรือเป็นศูนย์เมื่อขดลวดทั้งสองตั้งฉากกัน

ตามรูป ก.แสดงถึงชุด AUTOSYN ทั้งสองต่อกันอย่างขนานเมื่อเปิดสวิทช์ POWER ไปที่ "ON" โรเตอร์ทั้งสองจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเข้ามาเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นตัดขดลวด STATOR ทำให้ขดลวดแต่ละขดของ STATOR เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นขั้วของแม่เหล็ก STATOR แต่ละขดจะเป็นไปตามรูป ก. ถ้าท่านรู้ขั้วแม่เหล็กของขดลวด โดยการใช้กฎมือซ้ายท่านก็ทราบทิศทางของแรงเคลื่อนที่ถูกชักนำขึ้น พึงจำไว้ว่าตำแหน่งของโรเตอร์ซึ่งสัมพันธ์กับสเตเตอร์จะเป็นสิ่งที่กำหนดจำนวนแรงเคลื่อนที่ถูกชักนำขึ้นในแต่ละขดลวดของสเตเตอร์ ขนาดของลูกศรในรูป ก. แสดงถึงจำนวนและทิศทางของแรงเคลื่อนที่ถูกชักนำขึ้น

พิจารณาดูรูป ก. อีกครั้ง จะสังเกตได้ว่าแรงเคลื่อนที่ถูกชักนำขึ้นของ STATOR ในตัว TRANSMITTER และเครื่องวัดไม่สัมพันธ์กัน แรงเคลื่อนที่ถูกชักนำขึ้นใน PHASE 1 อยู่ในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นมันจะบวกรวมเข้าด้วยกัน และแรงเคลื่อนที่ถูกชักนำขึ้นใน PHASE 2 ก็อยู่ในทิศทางเดียวกันซึ่งจะ

บวกรวมเข้าด้วยกัน แต่สำหรับใน PHASE 3 มีแรงเคลื่อนเท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้าม ฉะนั้นผลสัมพันธ์ที่ได้จะเป็นศูนย์

ผลลัพธ์ของแรงเคลื่อนใน PHASE 1 และ 2 กระแสจะไหลตามทิศทางที่แสดงอยู่ตามรูป ข. การไหลของกระแสจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบขดลวดทั้งสอง (PHASE 1&2) และโดยกฎมือซ้ายจะทราบขั้วแม่เหล็กของขดลวด

การรวมกันของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดแรงหมุนขึ้นที่โรเตอร์ แต่เนื่องจากโรเตอร์ของ TRANSMITTER จะอยู่ที่โดยการอำนวยของความดันที่ส่งเข้ามาฉะนั้นจึงไม่สามารถจะหมุนไปได้จนกว่าความอัดที่ถูกส่งเข้ามายัง TRANSMITTER จะเปลี่ยนแปลง แต่เนื่องจากโรเตอร์ของเครื่องวัดเคลื่อนที่ได้เป็นอิสระ ดังนั้นมันจะหมุนเคลื่อนที่ไปจนกระทั่งอยู่ในตำแหน่งเดียวกับโรเตอร์ของ TRANSMITTER เมื่ออยู่ในลักษณะรูป ค. แรงเคลื่อนที่ถูกชักนำให้เกิดขึ้นแต่ละขดลวดจะเท่ากันและทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้นจะไม่มีกระแสไหลในขดลวดสเตเตอร์ เรียกว่าอยู่ในตำแหน่ง SYNCHRONIZED เข็มชี้ของเครื่องวัดแสดงค่าความดันในขณะนั้นและถ้าหากโรเตอร์ของ TRANSMITTER หมุนเคลื่อนที่ไปอันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความดันก็จะทำให้โรเตอร์ของเครื่องวัดเคลื่อนที่ตามไปด้วย

เครื่องวัดไม่มีกลไกที่ดึงเข็มชี้ให้กลับมาอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ ฉะนั้นเมื่อสวิทช์ POWER ถูกหมุนให้ไปอยู่ที่ตำแหน่ง "OFF" หรือกระแสไฟเกิดขัดข้อง เข็มชี้ของเครื่องวัดจะคงชี้อยู่ที่ตำแหน่งนั้นก่อนที่ไม่มีกระแสไฟไหลเข้าเครื่องวัด

การติดตั้งและวงจรทางไฟ

TRANSMITTER ติดตั้งอยู่บนแท่นยึดซึ่งมีตัวกันกระเทือนประกอบอยู่ติดตั้งอยู่ใกล้กันสิ่งที่ต้องการวัดมีท่อที่อ่อนตัวได้ยาวประมาณ ๑๔ นิ้ว ต่อจากสิ่งที่ต้องการวัดมาเข้ายังชุดกลไกการวัด

เครื่องวัดติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัดต่ออยู่กับ TRANSMITTER โดยสายไฟ

ตามรูปเป็นวงจรทางไฟของเครื่องวัดชนิดเรือนเดียว สายไฟ ๔ สาย (A,B,C และ D) ต่อเชื่อม TRANSMITTER กับ INDICATOR สาย A เป็นสายร่วมของ STATOR และ ROTOR ต่อลงดิน สาย B เป็นสายกำลังไฟที่ต่อเข้า ROTOR ของ TRANSMITTER INDICATOR

ถ้าเป็นเครื่องวัด ๒ เรือนรวมอยู่ในตัวเรือนเดียวกัน A เป็นสายร่วมต่อลงดินของอุปกรณ์ในระบบทั้งหมด B และ E เป็นสายต่อกำลังไฟเข้าโรเตอร์ของเครื่องวัด C,D,F และ G เป็นสายของขดลวด

<u>การตรวจ การตรวจทั่ว ๆ ไป</u>

๑. **เครื่องวัด**

๑.๑ ความคลาดเคลื่อนที่ตำแหน่งศูนย์

๑.๒ สีเรืองแสงของสเกลหน้าปัดและเข็มชี้

๑.๓ ความถูกต้องชัดเจนของเครื่องหมายแสดงการทำงาน

๑.๔ ความสะอาดและการเคลื่อนตัวของกระจกเครื่องวัด

๑.๕ ความยึดแน่นของการติดตั้ง

๒. Transmitter

๒.๑ ความยึดแน่นของการติดตั้ง

๒.๒ การรั่วตามข้อต่อ

๒.๓ สภาพของท่อทางความดันที่ต่อมาเข้าชุดกลไกการวัด

๓. ระบบสายไฟ

๓.๑ สภาพของสายไฟ

๓.๒ การยึดแน่นในการติดตั้ง

๓.๓ สภาพของข้อต่อไฟฟ้า

๓.๔ ความยึดแน่นของหัวต่อสายไฟที่ต่ออยู่ในกล่องชุมทางไฟ (Junction Box)

<u>การวินิจฉัยข้อขัดข้อง</u>

๑. กำลังไฟที่ใช้ขัดข้อง การชี้แสดงของเครื่องวัดในระบบ AUTOSYN ทุกระบบที่ติดตั้งอยู่กับ บ. ทั้งหมดจะไม่ชี้แสดงการทำงานหรือเข็มชี้กระโดดเหมือน ๆ กัน

๒. ถ้าการทำงานไม่ถูกต้องเกิดขึ้นเป็นระบบเดียว ข้อขัดข้องอาจจะเป็นเพราะ TRANSMITTER เครื่องวัดหรือสายไฟของระบบ AUTOSYN นั้น ๆ โดยเฉพาะ ซึ่งจะทำการหาข้อขัดข้องได้โดยการใช้ AUTOSYB FIELD TESTER โดยทำการทดลองเป็นขั้น ๆ ดังนี้

๒.๑ ปลดข้อต่อสายไฟที่ตัว TRANSMITTER ออก แล้วประกอบ FIELD TESTER เข้าทำหน้าที่แทน TRANSMITTER

๒.๒ กดปุ่มที่อยู่ตรงกึ่งกลางของเครื่องวัดที่ FIELD TESTER ลงแล้วหมุน เข็มชี้จะเคลื่อนที่หมุนตามไปด้วย และทำหน้าที่เหมือน ROTOR ของ TRANSMITTER ซึ่งจะเป็นเหตุให้เข็มชี้ของเครื่องวัดเคลื่อนที่ไปเป็นมุมเท่า ๆ กับการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ที่ตัว FIELD TESTER ถ้าเข็มชี้ของเครื่องวัดชี้แสดงไม่ถูกต้องก็จะแสดงให้ทราบว่าข้อขัดข้องเป็นเพราะตัวเครื่องวัดหรือสายไฟ

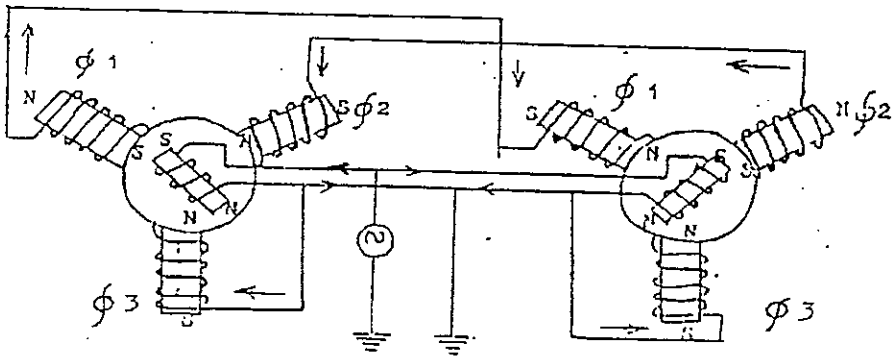
๒.๓ ถอดข้อต่อสายไฟที่ต่อกับเครื่องวัดออก แล้วต่อเข้าโดยกับกับ FIELD TESTER ในลักษณะเช่นนี้ FIELD TESTER จะทำหน้าที่เป็น TRANSMITTER ถ้าเครื่องวัดทำงานไม่ถูกต้องแสดงว่าเครื่องวัดใช้งานไม่ได้ให้ถอดเปลี่ยน ถ้าเครื่องวัดชี้อ่านถูกต้องก็แสดงว่าสายไฟชำรุด

๒.๔ ถ้าตรวจสอบแล้วปรากฏว่าเครื่องวัดและสายไฟอยู่ใช้การได้สิ่งที่ใช้ไม่ได้ ก็ควรจะเป็นตัว TRANSMITTER แต่ก่อนที่จะถอดออกจาก บ.ก็ควรตรวจเพื่อความแน่ใจโดยใช้เครื่องทดลองความอัดมาประกอบเข้าชุดกับชุดกลไกการวัดของ TRANSMITTER แทนความอัดของระบบที่ต้องการวัด และใช้ FIELD TESTER ทำหน้าที่เป็นเครื่องวัด

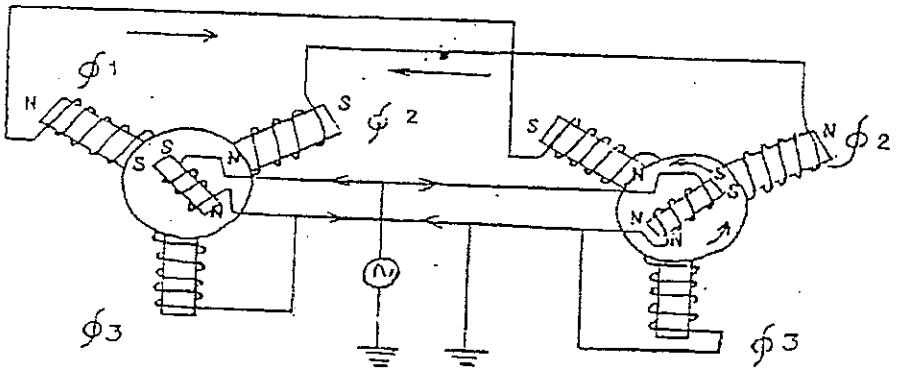
ข้อควรระวัง

การติด ย.ให้เปิดสวิทช์ INVERTER เพื่อให้ระบบทำงานเลียก่อนและปิดสวิทช์ INVERTER ภายหลังที่ ย. ได้ดับเรียบร้อยแล้ว

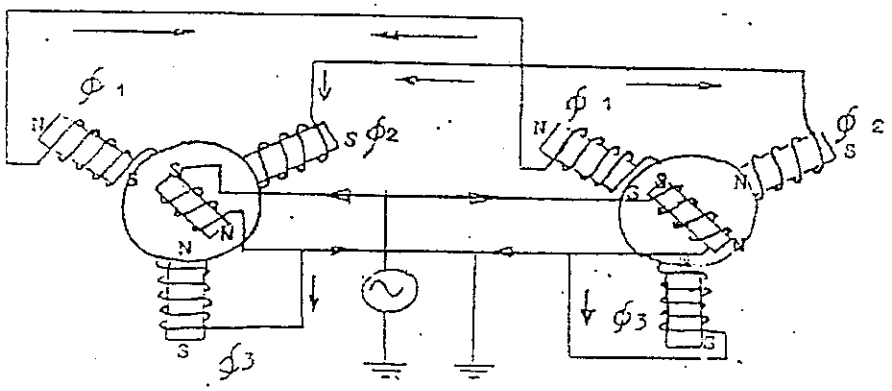
วงจรแสดงการไหลของกระแสไฟฟ้า



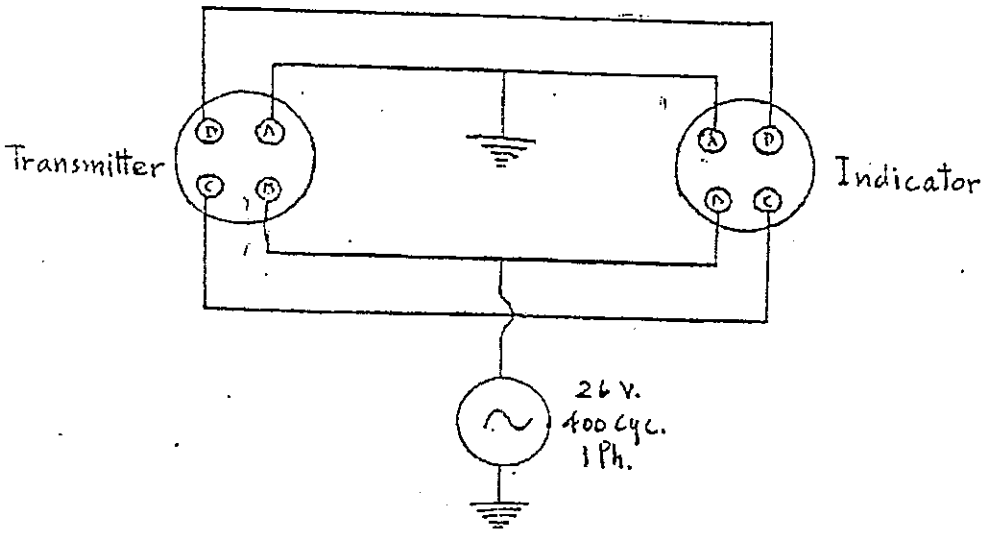
รูป ก.

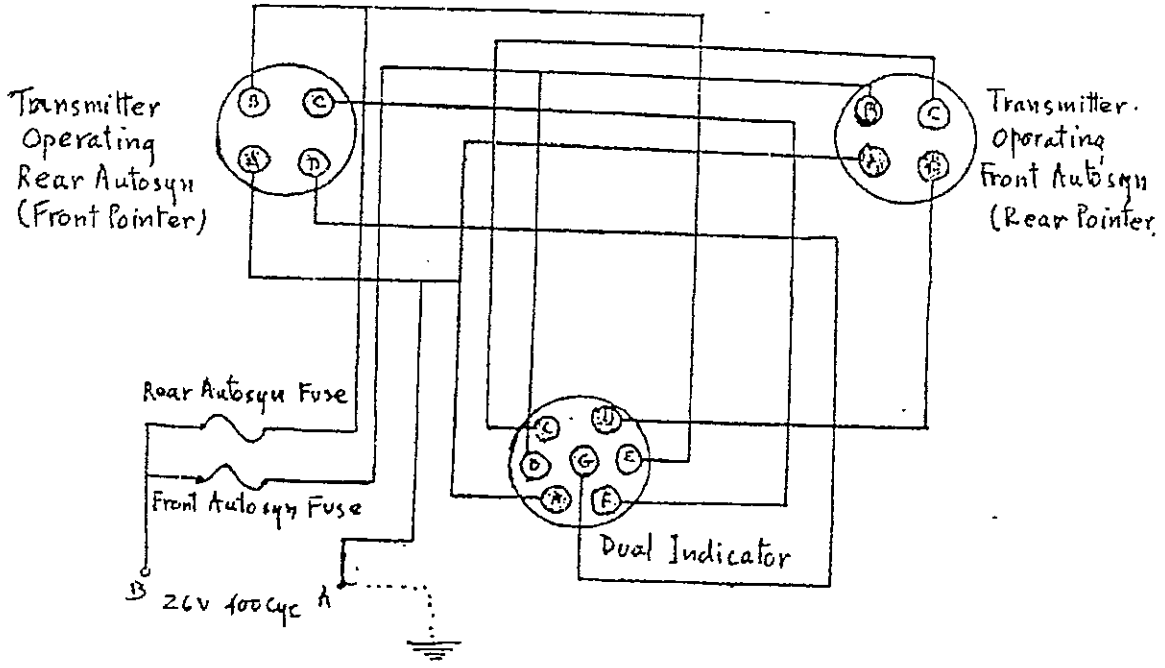


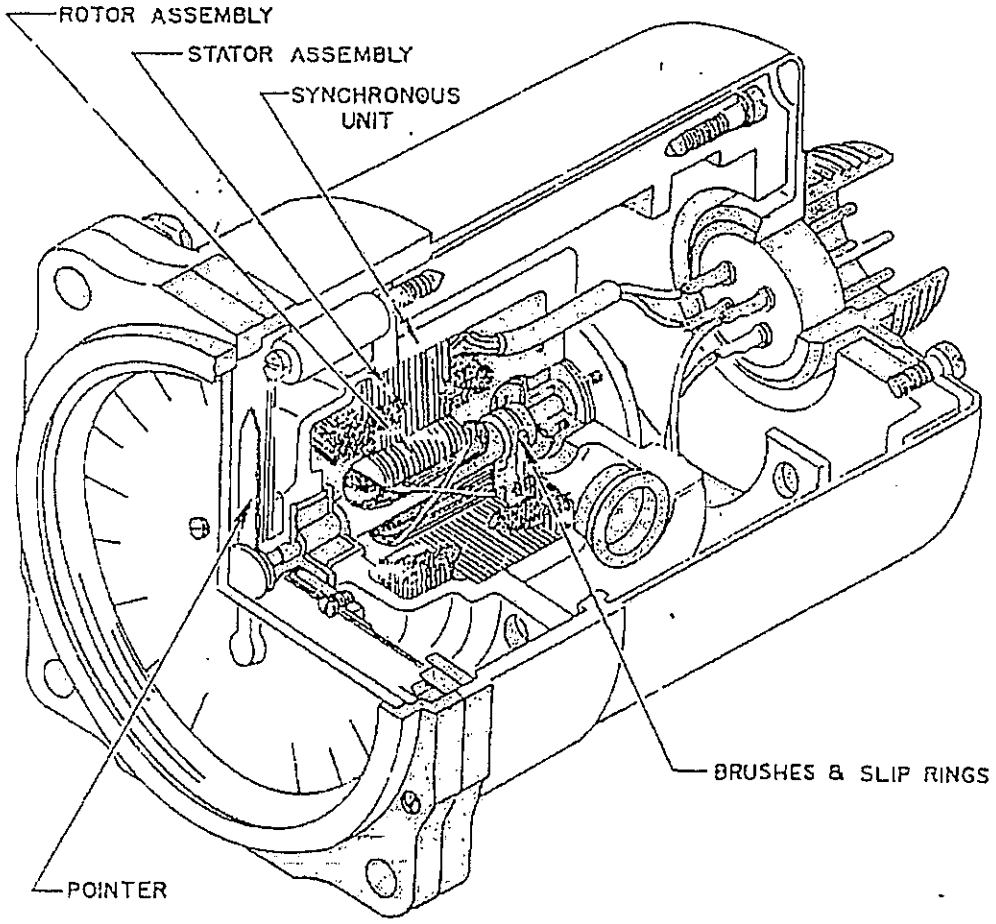
รูป ข.

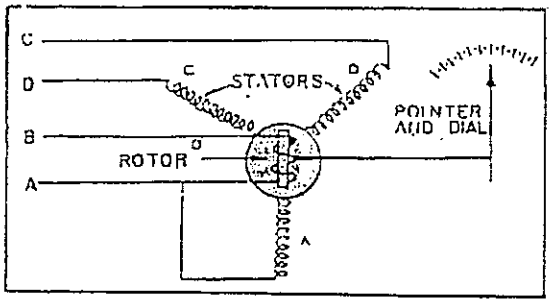


รูป ค.

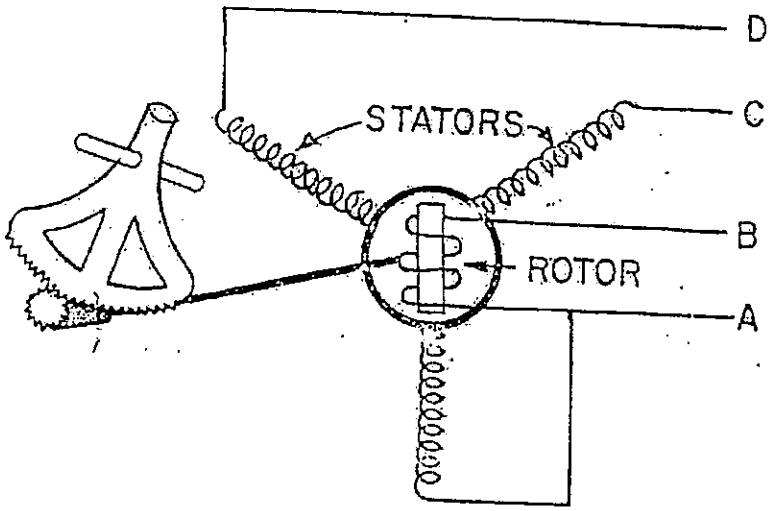

Transmitter
Indicator
26 V.
400 cyc.
1 Ph.


Transmitter Operating Rear Autosyn (Front Pointer)
Transmitter Operating Front Autosyn (Rear Pointer)
Rear Autosyn Fuse
Front Autosyn Fuse
B
26v 400cyc
A
Dual Indicator

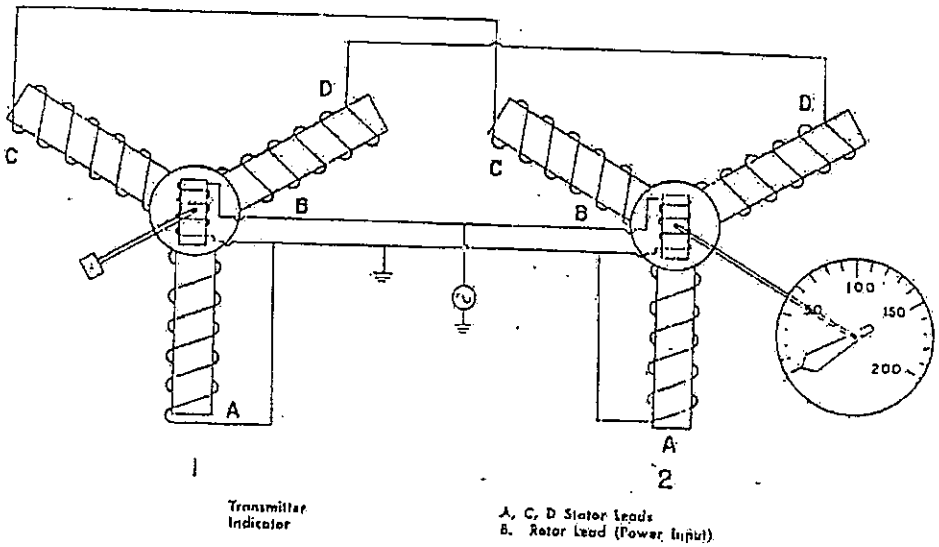




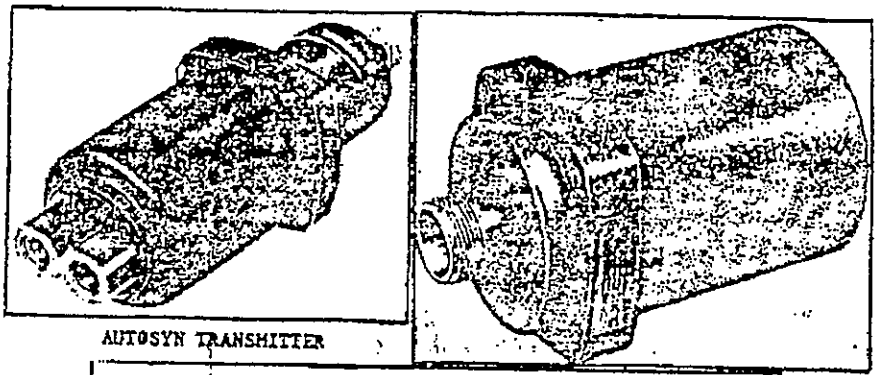
Typical Synchro Indicator and Wiring Schematic.



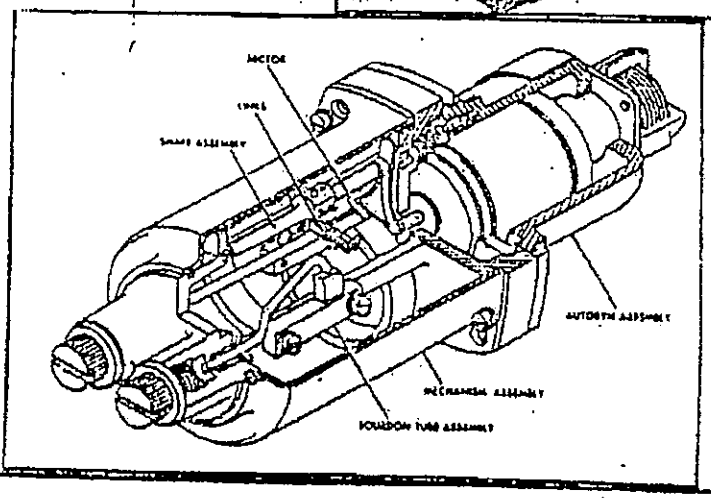
Wiring Diagram, Transmitter Synchronous Unit.

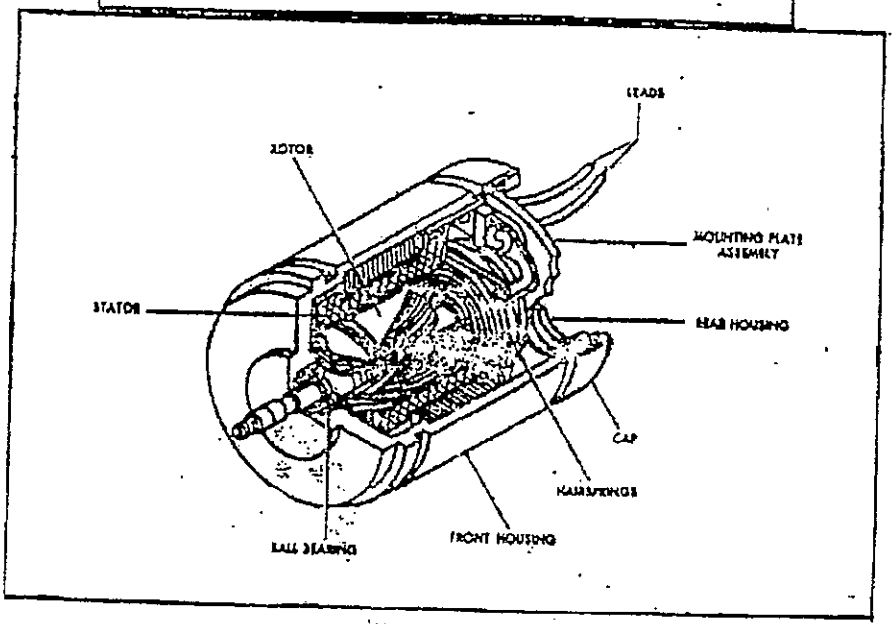


Synchro Schematic, Rotors Aligned.



AUTOSYN TRANSMITTER





AUTOSYN MOTOR TYP TRANSMITTER

บทที่ ๓

ระบบการชี้แสดงความดันแรงบิดแบบ
AUTOSYN TORQUE INDICATING SYSTEM

กล่าวทั่วไป

๑ ระบบ TORQUE PRESSURE ติดตั้งกับอากาศยานเพื่อความมุ่งหมายให้ชี้แสดงแรงบิดของเพลาใบพัด ซึ่งจะนำมาใช้ในการคำนวณหาแรงม้าใช้งาน (BRAKE HORSEPOWER) ของเครื่องยนต์ลูกสูบ การทราบข้อมูลนี้มีประโยชน์มากในการที่จะลดความหมดเปลืองของเชื้อเพลิง ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาการปฏิบัติการในอากาศของอากาศยานได้นานขึ้น

๒ ระบบ TORQUE PRESSURE ที่จะกล่าวถึงในที่นี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 อย่างคือ

๒.๑ เครื่องวัดแบบ A – 9

๒.๒ TRANSMITTER ชนิด SYNCHRO แบบ D-5 หรือ D-6

๒.๓ ชุด AMPLIFIER ชนิด SINGLE CHANNEL แบบ A-9 หรือ A-13

๓ ระบบ TORQUE PRESSURE แผนแบบให้ใช้กำลังไฟ ๒๘ โวลต์ (± ๒ โวลต์) ๔๐๐ Hz (± ๒๐ Hz) 1 PH แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดยอมให้ถึง ๒๘ โวลต์ อย่างไรก็ดีในระยะเวลาชั่วขณะแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้อาจจะสูงได้ถึง ๓๑ โวลต์ กำลังไฟฟ้านี้ได้รับจาก INVERTER ของอากาศยาน

๑. ส่วนประกอบของระบบ

๑.๑ TRANSMITTER มีลักษณะและกลไกการสร้างเช่นเดียวกับชุด SYNCHRO TRANSMITTER ซึ่งมีใช้งานอยู่ทั่ว ๆ ไปและได้ศึกษามาแล้ว สำหรับ TRANSMITTER แบบ D-5 หรือ D-6 มีระยะการทำงาน ๑ – ๓๕๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่วนประกอบของ TRANSMITTER แบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ ๓ ส่วน คือ PRESSURE LINK ASSEMBLY, ส่วนกลไกการวัดและชุด SYNCHRO

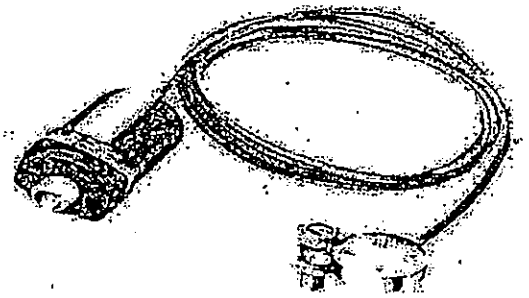
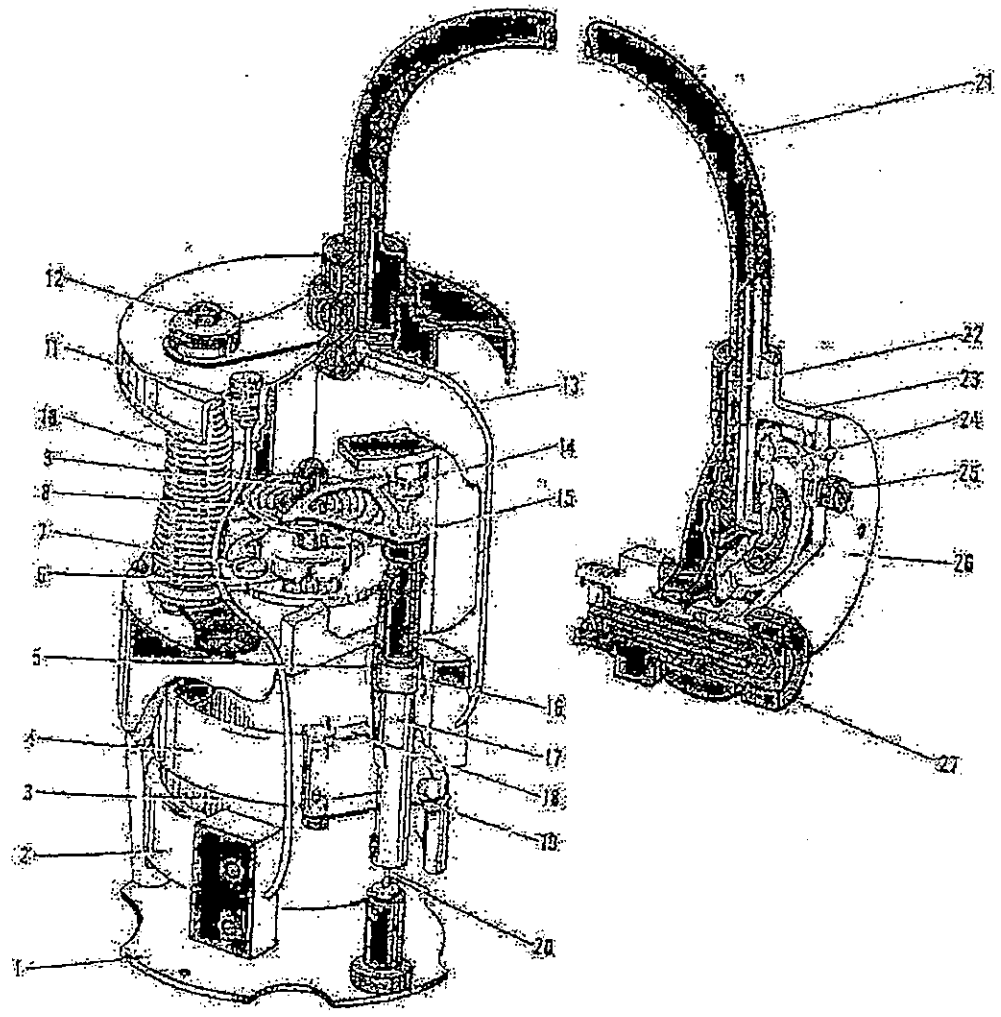


Figure 1. Type D-5 Torque Pressure Transmitter.



1 Top plate
2 Vented bourdon tube
3 Sylphon motor
4 Pressure bourdon tube
5 Adjustment arm assembly
6 Lever arm
7 Lever locking screw
8 Flexure strip
9 Nozzle
10 Adjustment bellows
11 Filter
12 Adjustment eccentric
13 Pressure bourdon capillary tube
14 Pivot
15 Setpoint
16 Adjustment screw
17 Cover
18 Adjustable link
19 Link
20 Pivot screw
21 Reloading tube
22 Capillary tube
23 Housing
24 Diaphragm
25 Bleeder screw
26 Cover
27 Inlet stud and damping assembly

Figure 2. Major Components of the D-5 Transmitter

๑.๑.๑ PRESSURE LINK ASSEMBLY ติดตั้งอยู่ตอนส่วนหน้าของเครื่องยนต์ ทำหน้าที่ถ่ายทอด TORQUE PRESSURE มายังท่อ BOURDON ซึ่งอยู่ภายในตัวเรือน น้ำมันหล่อลื่นจาก ENGINE TORQUE จะไหลผ่านช่องทางเข้าทาง STUD เข้ามาอยู่รอบ ๆ ไดอะเฟรม ที่ช่องทางเข้าทาง STUD จะมี DAMPING ASSY ประกอบอยู่ เพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นที่ไหลเข้ามาเรียบและไม่ขาดตอน ซึ่งจะทำให้การทำงานของชุด TRANSMITTER ทำงานราบเรียบไม่มีการสดุดอันเนื่องมาจากการไหลเป็นคลื่นของน้ำมันหล่อลื่น

DIAPHRAGM และท่อ BOURDON ต่อถึงกันโดย CAPPILLARY TUBE ซึ่งมีน้ำยาบรรจุอยู่เต็ม ดังนั้นเมื่อความดันจาก ENGINE TORQUE UNIT เปลี่ยนแปลง DIAPHRAGM ก็จะถ่ายทอดการเปลี่ยนแปลงความดันนี้ไปยังท่อ BOURDON โดยมีน้ำยาภายใน CAPILLARY TUBE เป็นสื่อกลาง

๑.๑.๒ ส่วนกลไกการวัด มีลักษณะของการสร้างเช่นเดียวกับชุด SYNCHRO ทั่ว ๆ ไปซึ่งประกอบด้วยท่อ BOURDON ๒ ท่อ มีชิ้นต่อโยงกันในลักษณะให้เกิดการทำงานในทิศทางตรงกันข้ามท่ออันหนึ่งเป็นท่อที่รับความดันเข้ามา ส่วนอีกท่อหนึ่งต่อไปรับบรรยากาศภายนอก การที่ต้องมีท่อต่อไปรับความดันบรรยากาศภายนอกก็เพราะว่าชุดกลไกการวัดบรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิดผนึกแน่นและการวัดความดันเป็นการวัดความดันชนิดความดันแตกต่าง

เมื่อมีความดันเกิดขึ้นท่อ BOURDON จะเคลื่อนตัว การเคลื่อนตัวของท่อ BOURDON จะถ่ายทอดผ่านชิ้นต่อโยงไปยัง SECTOR GEAR ซึ่งเป็นตัวทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวตรงเป็นแนวหมุน และทำหน้าที่ขยายการเคลื่อนที่ของท่อ BOURDON การเคลื่อนตัวของ SECTOR GEAR จะอำนวยให้ PINION GEAR หมุนตามทำให้แกนโรเตอร์ของชุด SYNCHRO ซึ่งยึดติดกับ PINION หมุนตามไปด้วย

๑.๑.๓ ชุด SYNCHRO ประกอบด้วยตัวโรเตอร์ชนิด ๒ ขั้ว ๑ PH และสเตเตอร์เป็นแบบ PH ต่อกันแบบ WYE กำลังไฟจะถูกส่งเข้าโรเตอร์ผ่าน SLIP RING และแปรงถ่าน

๑.๒ เครื่องวัด เครื่องวัดประกอบด้วย LOW INERTIA MOTOR, ชุด SYNCHRO, ชุดเฟืองทด , เข็มชี้เล็ก, เข็มชี้ใหญ่และสเกลหน้าปัด ทั้งหมดบรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิดผนึกแน่น

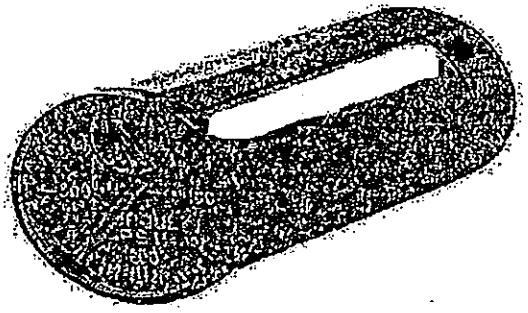


Figure 3.
Typical Torque Pressure Indicator

๑.๒.๑ LOW INERTIA MOTOR เป็นโมเตอร์แบบ INDUCTION ชนิด 2 PHASE FIXED PHASE ได้รับกำลังไฟ ๒๖ โวลต์ 400 H_z จาก INVERTER ส่วน CONTROL PHASE ได้รับกำลังไฟจาก OUTPUT ของชุด AMPLIFIER แรงเคลื่อนไฟฟ้าของ OUTPUT นี้อาจจะมีมุมทางไฟฟ้าในทางนำกระแสหรือตามกระแส ๙๐° ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งจะเป็นการบังคับทิศทางการหมุนของโรเตอร์ให้หมุนตามหรือทวนนาฬิกา

๑.๒.๒ เมื่อ PHASE ทั้งลองของ LOW INERTIA MOTOR ได้รับกำลังไฟจะเกิดแรงหมุนขึ้น ทำให้ชุดเฟืองทดเคลื่อนที่ไปอำนวยให้เข็มชี้เคลื่อนที่ เข็มชี้เล็กจะเคลื่อนที่ ๑ รอบ ในขณะเดียวกันเข็มชี้ใหญ่จะเคลื่อนที่ไป ๑ ขีด การที่เครื่องวัดมีสเกลการอ่าน ๒ สเกลเช่นนี้ทำให้สามารถอ่านค่าความดันได้แน่นอนยิ่งขึ้นโดยอ่านค่าออกมาได้เป็นจุดทศนิยม

๑.๒.๓ ชุด SYNCHRO ชุด SYNCHRO มีลักษณะการสร้างเช่นเดียวกับชุด SYNCHRO ของ TRANSMITTER สายไฟของชุดสเตเตอร์ของเครื่องวัดและ TRANSMITTER ต่อกันอยู่แบบขนาน ตัวโรเตอร์มีกลไกต่ออยู่กับชุดเฟืองทด และได้รับกำลังไฟจากชุด AMPLIFIER

๑.๓ AMPLIFIER ที่จะกล่าวถึงนี้เป็นแบบ A-13 บรรจุอยู่ในตัวเรือนผนึกแน่นทำงานโดยอัตโนมัติ

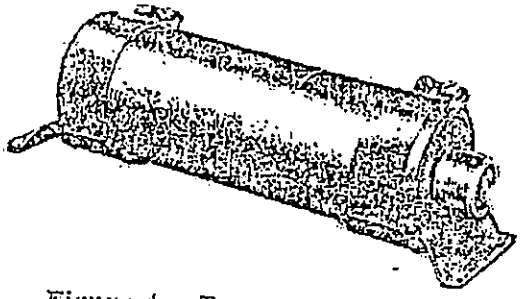


Figure 4. Type A-13 Amplifier.

๑.๓.๑ ชุด AMPLIFIER ประกอบด้วย TRANSFORMER ๓ ตัว และหลอด TRIODE หมายเลข ๕๑๗๘ จำนวน ๔ หลอด TRANSFORMER ทั้ง ๓ ตัว คือ POWER TRANSFORMER, INPUT TRANSFORMER - - - - - และ OUTPUT TRANSFORMER หลอดหนึ่งในจำนวน ๔ หลอดต่อวงจรให้ทำหน้าที่เป็นวงจร RECTIFIER แบบ HALF-WAVE ส่วนอีก ๓ หลอดทำหน้าที่เป็นหลอดขยาย

๒. การทำงาน

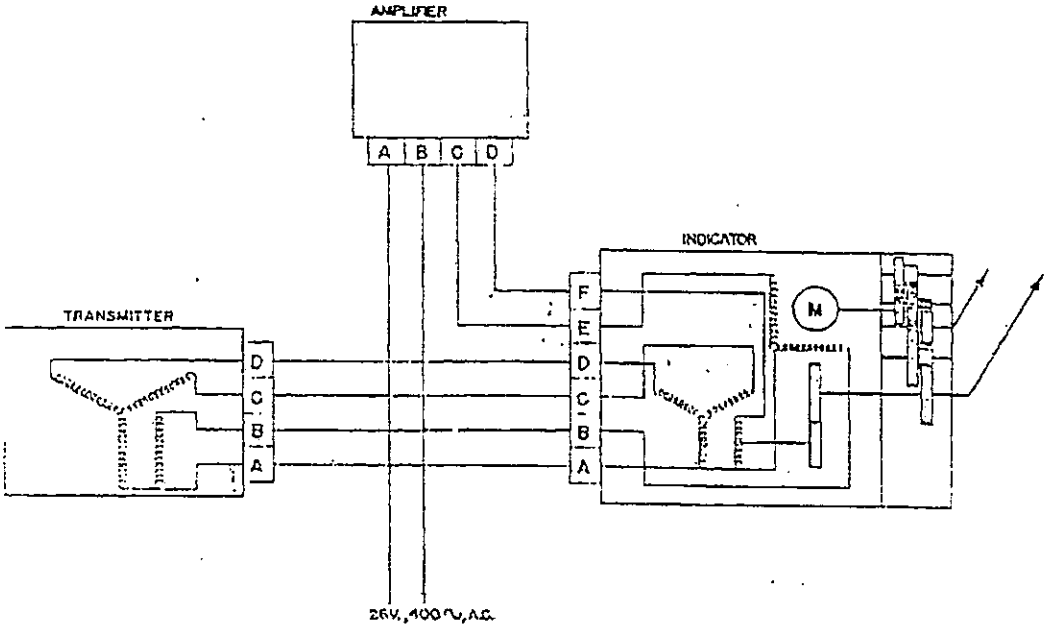


Figure 5. System Schematic.

๒.๑ ตามรูปแสดงวงจรไฟของระบบ ชุด SYNCHRO ของ TRANSMITTER ทำงานเช่นเดียวกับชุด SYNCHRO ของ TRANSMITTER ทั่ว ๆ ไป กล่าวคือเมื่อโรเตอร์ได้รับกำลังไฟ ๒๖ โวลต์ 400 H_z จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น สนามแม่เหล็กนี้จะตัดขดลวดทั้งสามของสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนชักนำขึ้น แรงเคลื่อนทั้งสามของขดลวดนี้จะมากหรือน้อยและจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของโรเตอร์ที่สัมพันธ์อยู่กับสเตเตอร์

๒.๒ สมมุติว่าเครื่องยนต์ทำงานคงที่ตามรอบที่ปรับตั้งไว้ เครื่องวัดจะชี้แสดงความดันของแรงบิดที่ถูกต้องให้ทราบ แต่ถ้าสภาพการทำงานเปลี่ยนแปลง เช่น โดยการเพิ่มกำลังเครื่องยนต์ จากผลอันนี้จะทำให้โรเตอร์ของชุด SYNCHRO ของ TRANSMITTER เคลื่อนที่

๒.๓. การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของโรเตอร์จะเป็นผลให้แรงเคลื่อนชักนำในแต่ละขดลวดของสเตเตอร์เปลี่ยนแปลงไป ฉะนั้นแรงเคลื่อนของขดลวดแต่ละขดของชุดสเตเตอร์ของเครื่องวัดก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย สนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดชุดสเตเตอร์ของเครื่องวัดซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนชักนำขึ้นที่ขดลวดของโรเตอร์ แรงเคลื่อนชักนำที่เกิดขึ้นนี้มีค่าน้อย จะถูกส่งไปยังชุดเครื่องขยายเพื่อเพิ่ม SIGNAL ให้สูงขึ้น จากนั้นแรงเคลื่อนที่ได้รับการขยายแล้วจะถูกส่งไปยังชุด CONTROL PHASE ของ LOW INERTIA MOTOR

๒.๔ เมื่อ PHASE ทั้งสองของ LOW INERTIA MOTOR ได้รับกำลังไฟโรเตอร์ของโมเตอร์จะหมุนและขับเคลื่อนชุดเฟืองทดไปหมุนเข็มชี้ให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่ถูกต้องในเวลาเดียวกันนี้ เฟืองทดก็จะขับเคลื่อนโรเตอร์ของชุด SYNCHRO เครื่องวัดไปหาตำแหน่ง "NULL" (จุดที่แรงเคลื่อนชักนำสูงสุด) ขณะที่โรเตอร์ของชุด SYNCHRO หมุนไปยังตำแหน่ง "NULL" นี้ แรงเคลื่อนชักนำจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเมื่อโรเตอร์ของชุด SYNCHRO เคลื่อนที่ถึงจุด "NULL" LOW INEXTIA MOTOR จะหยุดหมุนเนื่องจากวงจรทางไฟของระบบได้ดุล เข็มชี้ของเครื่องวัดจะชี้แสดงความดันของแรงบิดที่ตำแหน่งใหม่ตามความดันแรงปิดที่เป็นอยู่ในขณะนั้น

๒.๕ ถ้าสภาพการทำงานของเครื่องยนต์เป็นปทางทิศทางตรงกันข้ามกับข้อ ๒.๔ กล่าวคือกำลังเครื่องยนต์ลดลง การเคลื่อนที่ของเข็มชี้จะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้าม ทั้งนี้ก็เพราะว่า LOW INERTIA MOTOR จะหมุนในทิศทางตามหรือทวนนาฬิกานั้นขึ้นอยู่ว่าแรงหมุนเพิ่มขึ้นหรือลดลง

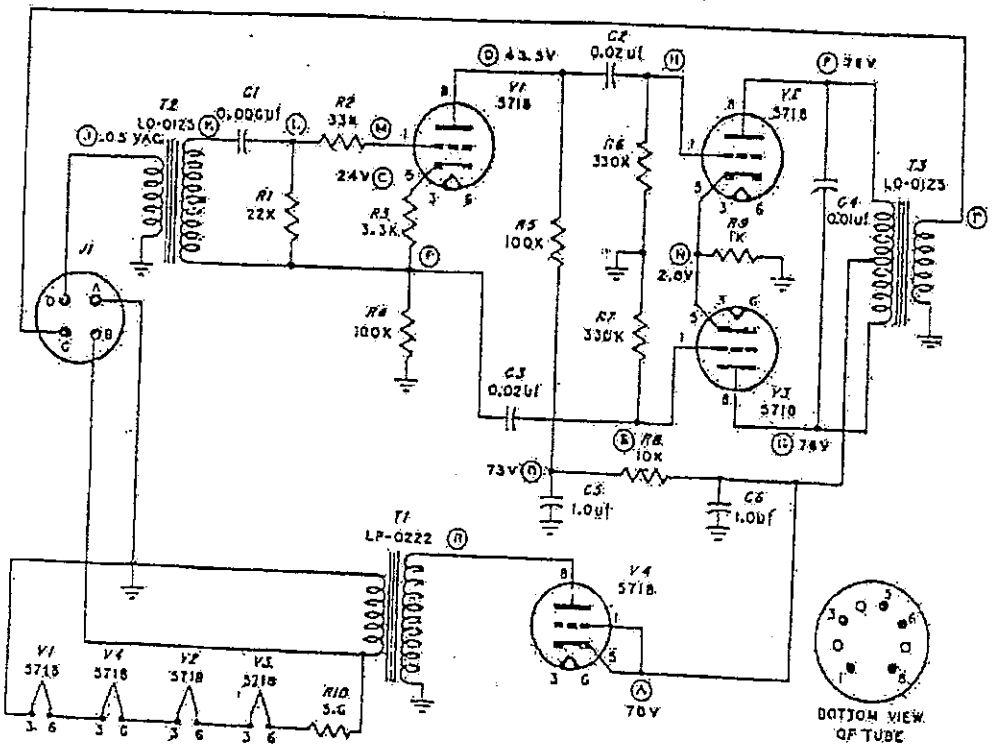


Figure 6. Internal Wiring of the Amplifier.

๒.๖ การต่อวงจรของระบบ SIGNAL หรือแรงเคลื่อนชักนำที่โรเตอร์ของชุด SYNCHRO เครื่องวัดจะถูกส่งจาก ขา "F" ของเครื่องวัดไปยังขา "D" ของ AMPLIFIER จากนั้นจะผ่านไปยัง INPUT TRANSFORMER ของ AMPLIFIER และผ่านไปเข้า GRID ของหลอดที่ ๑ ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายแรงเคลื่อนให้สูงขึ้นและกำหนดมุมทางไฟฟ้าของแรงเคลื่อนที่จะส่งออกไปเข้าวงจรของหลอดอีก ๒ หลอดซึ่งต่อกันแบบ PUSH-PULL AMPLIFIER จากนั้น SIGNAL จะถูกส่งไปยัง OUT PUT TRANSFORMER แรงเคลื่อนหรือ SIGNAL ที่ได้รับการขยายแล้วจะออกจากขา "C" ของ AMPLIFIER ไปยังขา "E" ของเครื่องวัดซึ่งต่ออยู่กับวงจร CONTROL PHASE ของ LOW INERTIA MOTOR

๓. การติดตั้งและการซ่อมบำรุง

๓.๑ เครื่องวัดติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัดมีข้อต่อไฟฟ้าชนิด 7 ขา ขา "G" เป็นขาว่างไม่ได้ใช้งานคงใช้เพียง ๖ ขา ตัว TRANSMITTER และ AMPLIFIER มีข้อต่อไฟฟ้าชนิด 4 ขา ขา "A" ต่อลงดิน และขา "B" ต่อกับขั้วของกำลังไฟที่ใช้

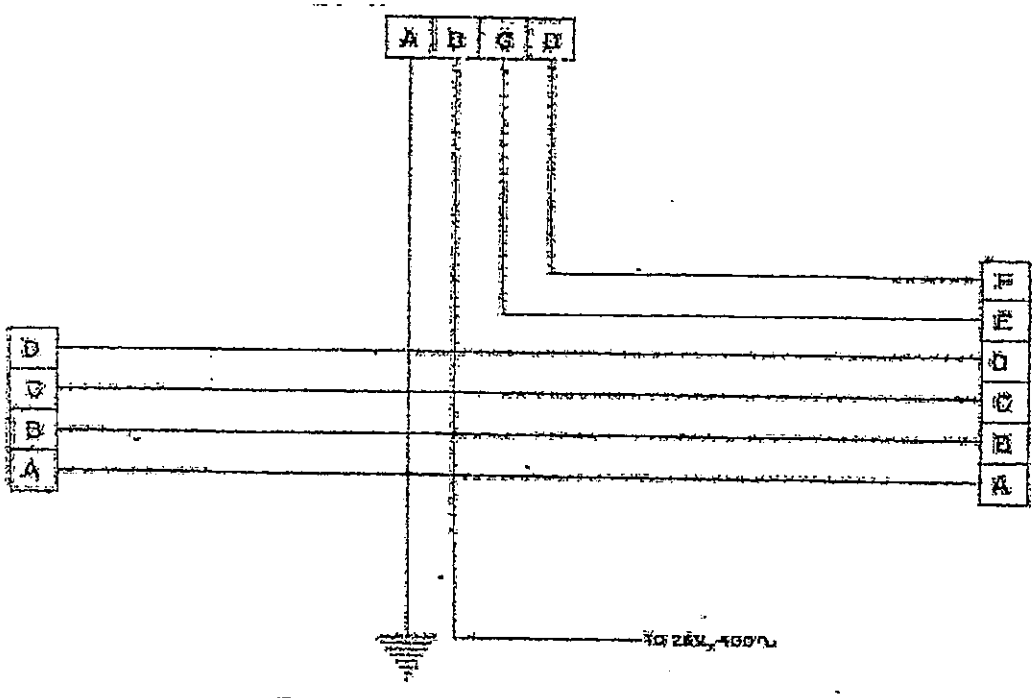


Figure 7. Installation Wiring Diagram

๓.๒ การตรวจหาข้อขัดข้อง กระทำได้เพียงการตรวจวงจรไฟฟ้าภายนอกและการตรวจทดลองเท่านั้นเพราะอุปกรณ์ของระบบนี้บรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิดผนึกแน่นทั้งสิ้นตามรูปแสดงวงจรของระบบซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการตรวจหาข้อขัดข้องของสายไฟ

๔. BENCH CHECK

๔.๑ การตรวจสอบที่กระทำกับระบบนี้คือ การตรวจ

๔.๑.๑ ความเรียบร้อยของสายไฟ

๔.๑.๒ ความต้านทานของวงจรเครื่องวัดและ TRANSMITTER

๔.๑.๓ ความคลาดเคลื่อนในการทำงานของ TRANSMITTER

๔.๒ การตรวจสอบความเรียบร้อยของสายไฟ กระทำในเรื่องการลัดวงจรหรือการขาดและตรวจสอบกำลังไฟที่เข้าระบบโดยการวัดที่ ขา "B" กับ GROUND

๔.๓ การตรวจสอบความต้านทานของวงจรภายในเครื่องวัด กระทำได้โดยการวัดชุด SYNCHRO (ขา A - B,A - D,C - D และ A - F) และชุด LOW INERTIA MOTOR (ขา A - B,A - E) จากนั้นให้ตรวจสอบค่าความต้านทานของวงจรภายในของชุด SYNCHRO ของ TRANSMITTER (ขา A - B,A – C, A-D และ C - D) ค่าความต้านทานที่ถูกต้องจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของหนังสือคู่มือของอุปกรณ์ที่ทำการตรวจ

๔.๔ การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการทำงานของ TRANSMITTER กระทำได้โดยใช้ DEAD WEIGHT TESTER และ AUTOSYN FIELD TESTER ใช้ความดันตามที่กำหนดไว้ในหนังสือคู่มือและอ่านค่าเปรียบเทียบกับ AUTOSYN FIELD TESTER

บทที่ ๔
เครื่องวัดอุณหภูมิ

ความมุ่งหมาย

เครื่องวัดอุณหภูมิติดตั้งกับ บ. เพื่อความมุ่งหมายดังต่อไปนี้

๑. ชี้แสดงอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น

๒. ชี้แสดงอุณหภูมิของอากาศภายนอกและและภายในห้องนักบินและห้องโดยสาร

๓. ชี้แสดงอุณหภูมิของของเหลวที่ใช้ระบายความร้อนของ ย.ชนิดระบายความร้อนด้วยของเหลว

๔. ชี้แสดงอุณหภูมิของหัวกระบอกสูบ

๕. ชี้แสดงอุณหภูมิท่อไปเสียของ บ. เจ๊ต

๖. ชี้แสดงอุณหภูมิของส่วนผสมเชื้อเพลิง

๑. ชนิดของเครื่องวัด

เครื่องวัดอุณหภูมิใช้กับ บ. แบ่งออกเป็น ๔ ชนิด คือ

- VAPOUR PRESSURE THERMOMETER
- ELECTRIC THERMOMETER
- THERMOCOUPLE THERMOMETER
- BIMETALLIO SPRING THERMOMETER

๑.๑ VAPOUR PRESSURE THERMOMETER

เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดความดันไอมีหลักการทำงานโดยใช้ไอระเหยของของเหลวไปดันให้ท่อ BOURDON ขยายตัว การทำงานของกลไกท่อ BOURDON เป็นไปเช่นเดียวกับเครื่องวัดชนิดความดันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เครื่องวัดแบบนี้ส่วนมากพบว่าใช้ในการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นหรืออุณหภูมิของของเหลวที่ใช้ระบายความร้อนของ ย.ชนิดระบายความร้อนด้วยของเหลวและส่วนมาใช้กับ บ.ชนิด ย. เดียว

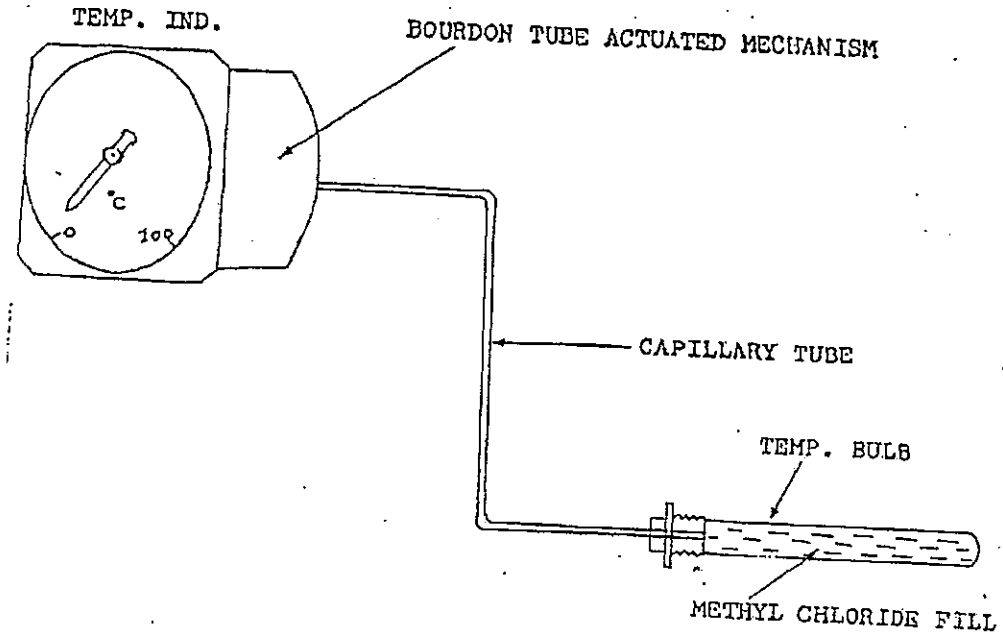
<u>ส่วนประกอบ</u> ประกอบด้วยเครื่องวัดชนิดความดัน CAPILLARY TUBE และ BULB ประกอบอยู่เป็นชุดแยกออกจากกันไม่ได้ ประกอบอยู่ในลักษณะดังนี้ คือ จากรูซึ่งสำหรับต่อรับความดันทางด้านหลังเครื่องวัดต่อกับท่อทางที่มีรูเล็กมาก (CAPILLARY TUBE) และปลายอีกด้านหนึ่งของท่อทางนี้ต่อกับ BULB, BULB ออกแบบให้ติดตั้งโดยให้สัมผัสจุ่มอยู่โดยตรงกับน้ำมันหล่อลื่น น้ำหรือของเหลวใดๆ ที่ใช้ในระบบระบายความร้อนภายใน BULB บรรจุของเหลวที่มีความไวสูงในการระเหย ของเหลวส่วนมากนิยมใช้ METHYL ETHER แต่ของเหลวอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติในการระเหยได้ไวก็อาจใช้แทนได้เช่น METHYL ETHER และ SULPHUR DIOXIDE คุณสมบัติจำเป็นสำหรับของเหลวก็คือ

๑. ต้องมีความไวในการระเหย

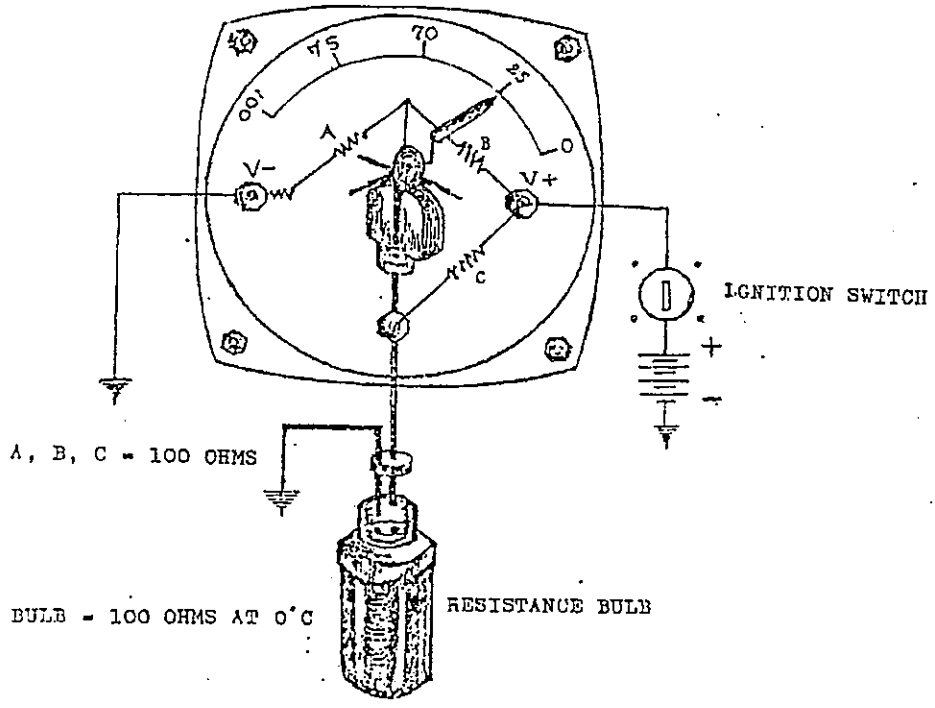
๒. จุดแข็งตัวต่ำ

๓. บริสุทธิ์

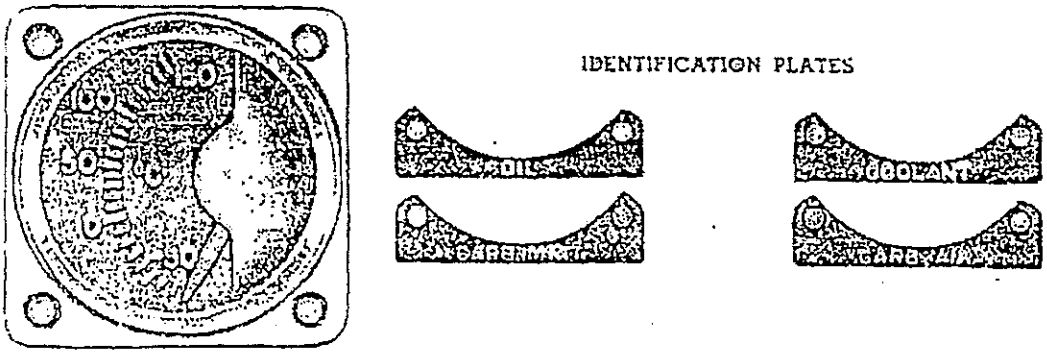
๔. ไม่ทำอันตรายต่อโลหะ



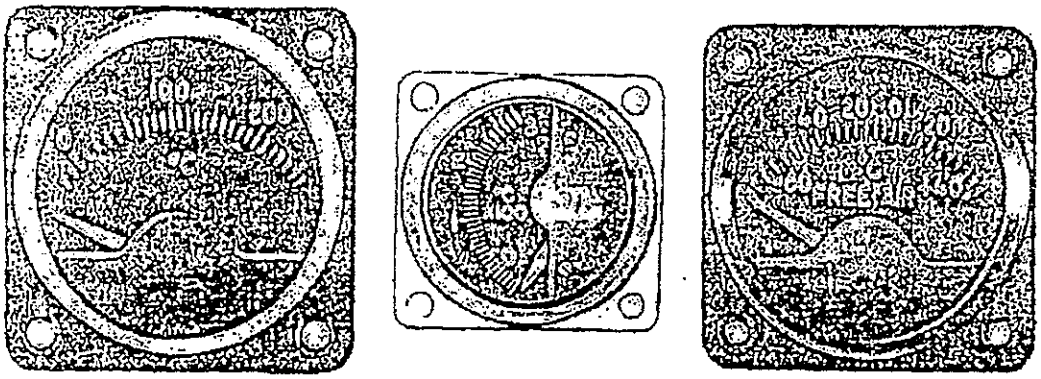
TEMP. GAUGE AND TEMP. MEASURING BULB



SCHEMATIC REAR VIEW OF ELECTRICAL RESISTANCE - TYPE THERMOMETER WIRING DIAGRAM

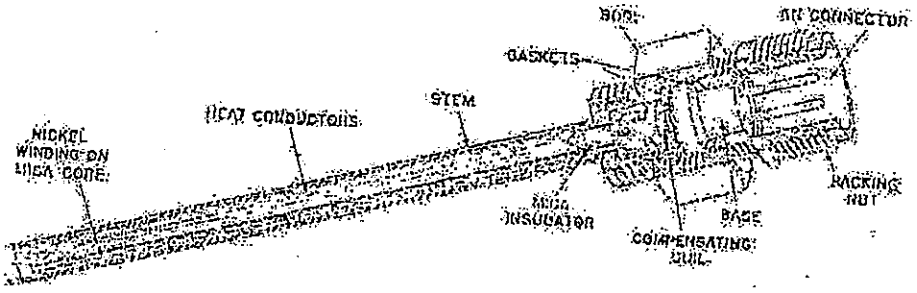


Universal Type Resistance Thermometer.

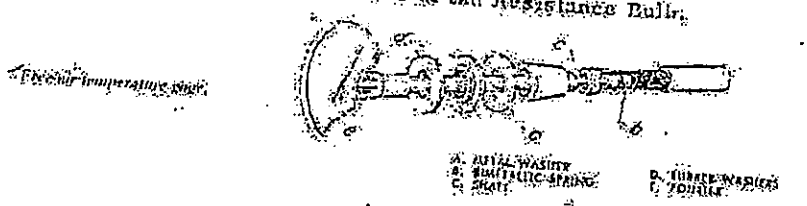


Resistance Thermometers.

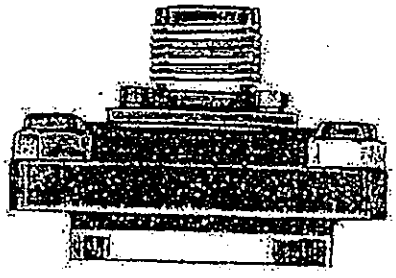
c/o



Main Parts of the Resistance Bulb.



Types of Resistance Bulbs.



Type B-1 Resistance Bulb.

<u>หลักการทำงาน</u> เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดนี้ทำงานขึ้นอยู่กับหลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของเหลวเป็นเหตุให้ความดันไอของของเหลวเปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือความดันไอของของเหลวที่บรรจุอยู่ภายใน BULB จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของของเหลวที่ BULB สัมผัสอยู่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความดันไอซึ่งเกิดจากการขยายตัวของของเหลวที่ระเหยได้ง่ายซึ่งบรรจุอยู่ภายใน BULB จะผ่าน CAPILLARY TUBE ไปยัง ท่อ BOURDON ของเครื่องวัดอำนวยให้เข็มเคลื่อนที่ชี้แสดงอุณหภูมิบนสเกลหน้าปัด

<u>การติดตั้ง</u> ให้ใช้เครื่องวัดที่ บ. นั้นๆ กำหนดให้ ถ้าไม่สามารถจะทำได้และจำเป็นต้องใช้เครื่องวัดหมายเลขอื่นแทน ให้ช่างทำการวัดระยะจากแผงเครื่องวัดถึงตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิและเลือกใช้เครื่องวัดที่มี CAPILLARY TUBE ยาวกว่าระยะที่ต้องการเล็กน้อย เพราะการใช้เครื่องวัดที่มี CAPILLARY TUBE พอดีกับระยะที่ต้องการใช้อาจจะทำให้ท่อทางเกิดการขาดได้เนื่องจากการสั่นสะเทือนของ ย. และการใช้ท่อทางที่ยาวเกิดไปก็อาจจะทำให้เครื่องวัดอ่านได้ไม่แน่นอน ท่อทางที่มีความโตประมาณ ๐.๐๑๔ นิ้วถึง ๐.๒๐ นิ้ว ถ้าความหนาของท่อน้อยมากก็จะต้องมีท่อหรือสายลวดถักร้อยหุ้มท่อทางเพื่อป้องกันการชำรุด การติดตั้งจะต้องระวังอย่าให้เสียดกับท่ออื่น ๆ หรือกับลำตัว บ. และให้มีการยึดทุกระยะ ๑๒ นิ้ว เป็นอย่างน้อย อนึ่งในการติดตั้ง ณ ตำบลที่จำเป็นต้องดัดงอหรือขดท่อทางจะต้องให้รัศมีไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว

<u>การบูรณะรักษา</u> เครื่องวัดจะตรวจสอบได้กับเครื่องวัดมาตรฐานหรือเครื่องวัดที่ใช้งานได้และยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่กิน ± ๓° ซ. ถ้าปรากฏว่าท่อทางชำรุดเนื่องจากการดัดงอรัศมีน้อยเกินไปหรือท่อหักให้เปลี่ยนเครื่องวัดใหม่

๑.๒ Electric Thermometer

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบความดันไอทำงานโดยการอำนวยของความดันของเหลวที่มีความไวในการระเหย ส่วนเครื่องวัดอุณหภูมิชนิดไฟฟ้าที่จะกล่าวต่อไปนี้ทำงานโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบกระแสไฟตรงของ บ. ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า ๑๒ โวลต์ หรือ ๒๔ โวลต์ เครื่องวัดแบ่งออกเป็น ๒ แบบ คือ

๑. แบบ RESISTANCE

๒. แบบ RATIOMETER

ส่วนประกอบที่จำเป็นสำหรับระบบเครื่องวัดทั้งสองชนิดประกอบด้วยเครื่องวัด BULB และสายต่อเครื่องวัดกับ BULB เครื่องวัดที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปมีระยะสเกล -๗๑° ซ. ถึง + ๑๕๐° ซ.

BULB ของเครื่องวัดทั้ง ๒ ชนิดเหมือนกัน ภายใน BULB ประกอบลวดความต้านทานซึ่งใช้ลวดนิเกิ้ล ตัว BULB มีลักษณะเป็นก้าน (STEM) ที่ใช้กันอยู่มีความยาว ๒ ขนาด คือ แบบ AN ๕๕๒๕ – ๒ ยาว ๔ นิ้ว และแบบ AN ๕๕๒๕ - ๑ ยาว ๑ ๗/๘ นิ้ว ส่วนเกลียวที่ใช้ในการติดตั้งคงมีฟันเกลียว๕/๘ - ๑๘ ฟันนิ้ว เช่นเดียวกับเครื่องวัดอุณหภูมิชนิดความดันไอ เครื่องวัดทั้งสองชนิดแตกต่างกันที่กลไกภายในตัวเรือนเครื่องวัดซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

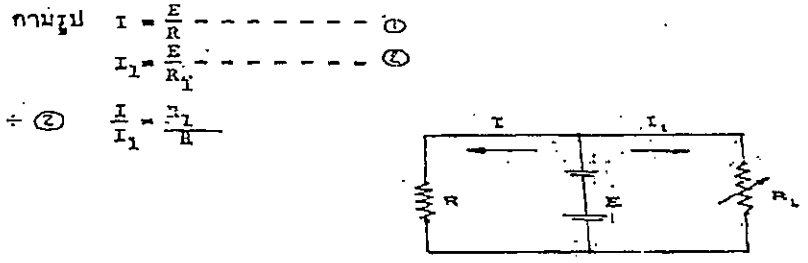
๑.๒.๑ Resistance Type Thermometer กลไกการวัดของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบนี้ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรและ SINGLE FRAME MOVING COIL. MOVING COIL หมุนได้เป็นอิสระอยู่บน UPPER และ LOWER PIVOT แต่ละข้างของ COIL ยึดติดอยู่กับ BALANCE SPRING ซึ่งลักษณะการคลายของวงขดสปริงอยู่ในทิศทางตรงกันข้าม SINGLE FRAME MOVING COIL และแม่เหล็กถาวรมีลักษณะเหมือนกับกลไกของเครื่องวัดชนิด D' ARSONVAL เครื่องวัดนี้เป็นจริงก็คือวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าชนิดกระแสตรง แต่นำมาขีดสเกลหน้าปัดให้อ่านเป็นองศาเพื่อชี้แสดงอุณหภูมิ

วงจรของเครื่องวัดต่อกันแบบ WHEATSTONE BRIDGE โดยวงจรไฟฟ้าภายในตัวเรือนเครื่องวัดประกอบด้วยความต้านทานที่รู้ค่า ๓ ตัว ส่วนความต้านทานที่ ๔ เป็น RESISTANCE BULB ซึ่งมีความต้านทานเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอุณหภูมิที่ BULB นั้นสัมผัสอยู่ MOVING COIL ต่อคล่อมมุมตรงกันข้ามของวงจร BRIDGE และกำลังไฟฟ้าต่อเข้ากับมุมอีก 2 มุมที่เหลืออยู่

<u>หลักการทำงาน</u> การทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิชนิดนี้ขึ้นอยู่กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จากระบบกระแสไฟตรงของ บ.วงจร BRIDGE ซึ่งมี BULBเป็นตัวที่มีความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิที่ BULB สัมผัสอยู่จะทำให้วงจร BRIDGE ไม่ได้ดุล เข็มชี้ของเครื่องวัดจะชี้แสดงอุณหภูมิตามสภาพของวงจร BRIDGE นั้น ๆ

สมมุติว่า BULB สัมผัสอยู่ในที่ซึ่งมีอุณหภูมิ ๐° ซ. ความต้านทานของมันเท่ากับ ๑๐๐ โอห์มและความต้านทานของขา A,B,C แต่ละอันมีความต้านทาน ๑๐๐ โอห์มในลักษณะเช่นนี้วงจร BRIDGE จะได้ดุลฉะนั้นจะไม่มีกระแสไหลผ่าน MOVING COIL เข็มชี้ของเครื่องวัดจะชี้แสดงที่ ๐ เมื่อ BULB อยู่ในที่ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า ๐° ซ. ความต้านทานของมันจะสูงขึ้นทำให้วงจร BULB ไม่ได้ดุล เข็มชี้ของเครื่องวัดจะเคลื่อนที่ไปทางขวาชี้แสดงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและในทำนองเดียวกันเมื่อ BRIDGE อยู่ในที่ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ๐ วงจร ก็จะไม่ได้ดุล เข็มชี้จะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายชี้แสดงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ๐° ซ.

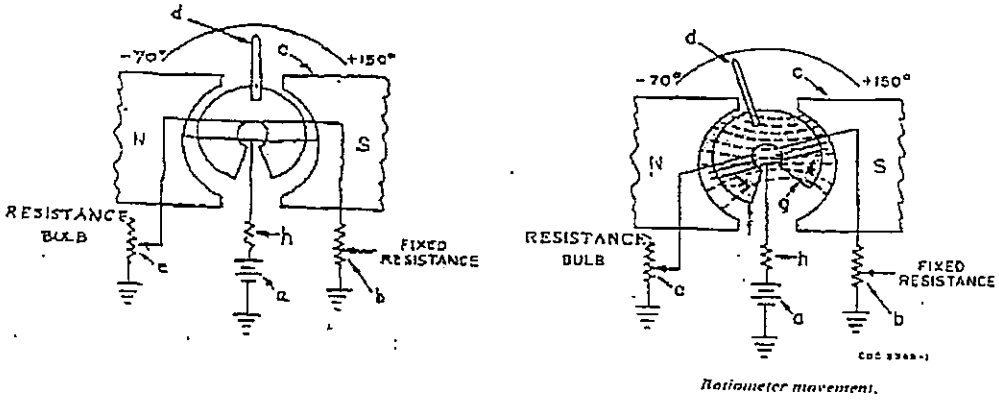
๑.๒.๒ RATIONMETER THERMOMETER ดังได้กล่าวมาแล้วว่าเครื่องวัดอุณหภูมิชนิด RESISTANCE มีการทำงานขึ้นอยู่กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ ฉะนั้นถ้าหากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่นำมาใช้นี้ไม่คงที่ก็จะทำให้การอ่านค่าของเครื่องวัดผิดไปจากความจริง ดังนั้นในปัจจุบันจึงเกือบจะไม่มีที่ใช้และจะพบเครื่องวัดอุณหภูมิชนิดไฟฟ้าแบบ RATIOMETER แทบทั้งสิ้น เครื่องวัดแบบนี้เป็นเครื่องวัดที่ใช้วัดอัตราส่วนของกระแสสองกระแส กลไกการวัดจะวัดค่าออกมาเป็นความต้านทานและนำมาขีดสเกลอ่านเป็นอุณหภูมิ



เวโลของ I และ I_1 เป็นปฏิภาคโดยตรงกับ R_1

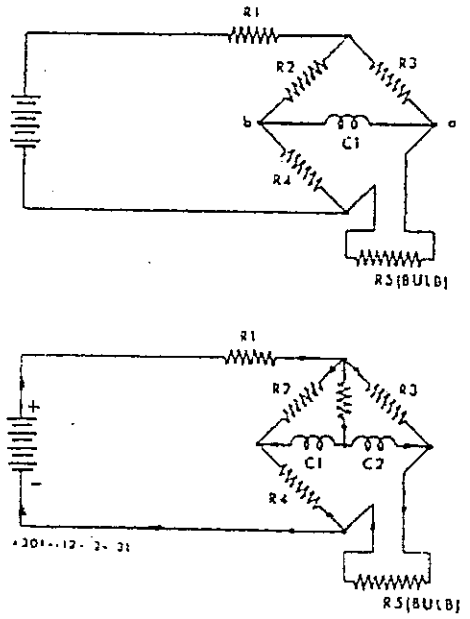
จากสมการนี้จะปรากฏว่าถ้าเรโช I / I, ถูกวัดโดย RATIOMETER เครื่องวัดก็สามารถจะวัดและชี้แสดงค่าของ R 1 หรืออุณหภูมิที่ซึ่ง R1 สัมผัสอยู่โดยไม่คำนึงถึงค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้า

<u>หลักการทำงาน</u> การเคลื่อนที่ของกลไกเครื่องวัดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของกระแสที่ไหลผ่านขดลวด ๒ ขด ขดลวดอันหนึ่งมีลวดความต้านทาน MANGANIN ต่ออยู่เป็นอันดับ ส่วนขดลวดอีกอันหนึ่งมีต่ออยู่เป็นอันดับ เนื่องจากโดยคุณสมบัติของลวด MANGANIN ซึ่งมีความต้านทานคงที่ตลอดเวลา ไม่ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม ฉะนั้นกระแสที่ไหลผ่านขดลวดทางขวาจะคงที่ส่วนกระแสที่ไหลผ่านขดลวดทางซ้ายจะอยู่กับความต้านทานของ BULB



โดยการใช้กฎมือซ้ายของโมเตอร์จะเห็นได้ว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดทั้งสองแรงหมุนที่เกิดขึ้นในแต่ละขดลวดจะพยายามเคลื่อนที่ลง โดยแรงหมุนของขดลวดทางขวาจะพยายามให้เข็มชี้เคลื่อนที่ชี้อุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนแรงหมุนของขดลวดทางซ้ายจะพยายามให้เข็มชี้เคลื่อนต่ำลง สมมุติว่าอุณหภูมิที่ BULB ลดลง ความต้านทานของ BULB ก็จะน้อยลง ฉะนั้นกระแสไฟจะไหลผ่านขดลวดทางซ้ายมากกว่าทางขวา แรงหมุนของขดลวดทางซ้ายจะเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้เข็มชี้เคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกาชี้แสดงอุณหภูมิที่น้อยกว่าเดิมกลไกของเครื่องวัดจะเคลื่อนจนกระทั่งแรงหมุนของขดลวดทั้งสองเท่ากัน

การที่แรงหมุนของขดลวดทั้งสองเท่ากันอธิบายได้ดังนี้ ตามรูปจะเห็นได้ว่า MOBING COIL และแม่เหล็กถาวรประกอบอยู่ในลักษณะเป็น ECCENTRIC มีช่องว่างทางด้านบนในลักษณะเช่นนี้ความแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กก็จะเพิ่มขึ้นจากตอนล่างไปหาตอนบน และเพราะว่าแรงหมุนที่เกิดขึ้นกับขดลวด แต่ละขดนั้น คือผลคูณของกระแสและความแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กในขณะที่อุณหภูมิของ BULB ลดลง ขดลวดทางซ้ายเคลื่อนที่จากตอนส่วนบนลงมาตอนล่าง กระแสไฟที่ไหลผ่านขดลวดคงที่แต่ความแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กลดลงเรื่อย ๆ ทำให้แรงหมุนที่เกิดขึ้นน้อยลง และในขณะเดียวกันขดลวดทางขวาซึ่งเคลื่อนที่จากตอนล่างไปยังตอนบน ซึ่งมีความแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้แรงหมุนของขดลวดทางขวาเพิ่มขึ้นจนกระทั่งแรงหมุนของขดลวดทั้งสองเท่ากัน ขดลวดจะหยุดการเคลื่อนที่ เข็มชี้จะชี้แสดงอุณหภูมิที่ BULB สัมผัสอยู่

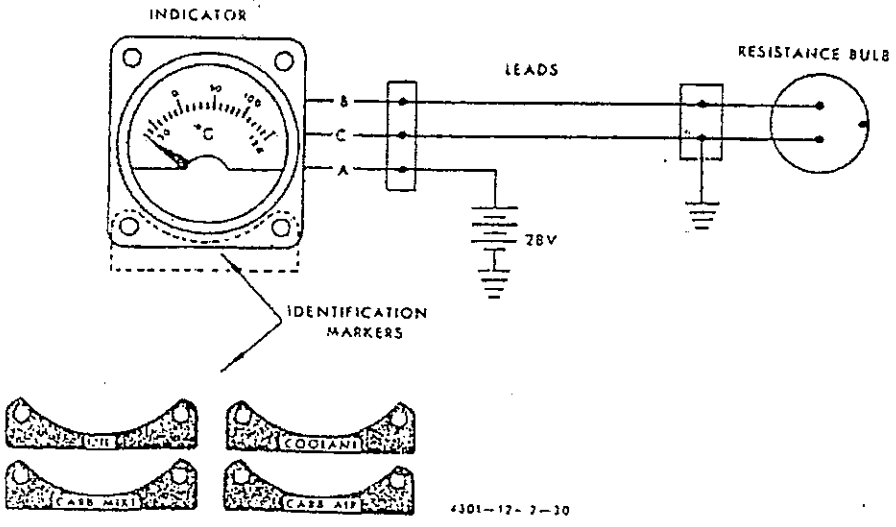


Basic circuits.

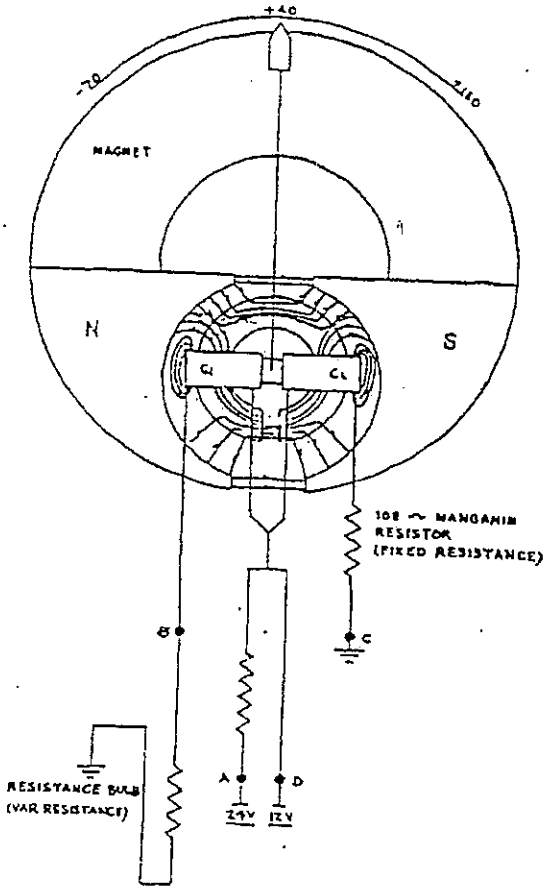
TABLE 2.

BULB RESISTANCE AT VARIOUS TEMPERATURES

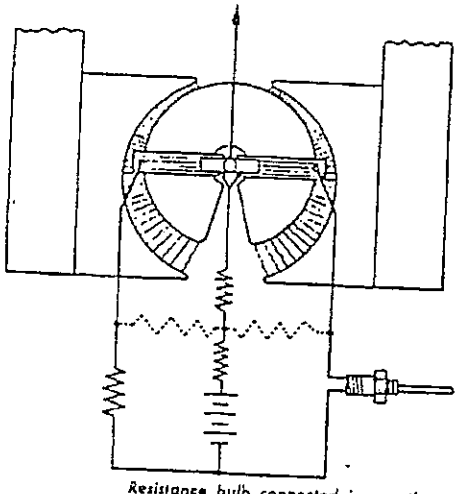
Bulb Temperature Degrees C.	*Bulb Resistance Ohms*
−70	68.27
−50	74.24
−30	80.56
−10	87.04
0	90.38
10	93.80
30	100.91
50	108.39
80	120.36
100	128.85
120	137.78
150	151.91



Resistance thermometer system.



Moving Coil Ratiometer.

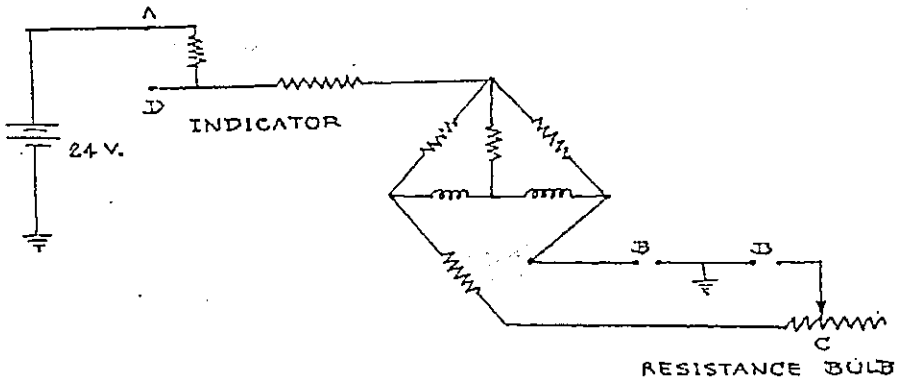


Resistance bulb connected in a ratiometer circuit.

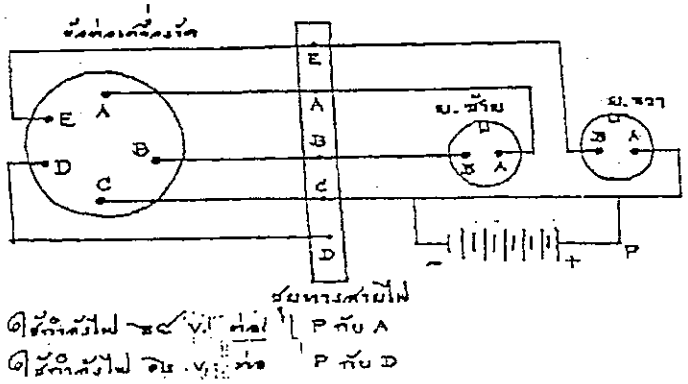
ในทำนองเดียวกันแล้วอุณหภูมิที่ BULB เพิ่มขึ้นความต้านทานของ BULB ก็จะเพิ่มขึ้นเป็นเหตุให้กระแสไหลผ่านขดลวดทางซ้ายน้อยลง แต่ในขณะเดียวกันกระแสที่ไหลผ่านขดลวดทางขวาจะไหลลงที่เช่นเดิม แรงหมุนของขดลวดทางซ้ายจะน้อยกว่าขดลวดทางขวา ฉะนั้นขดลวดทางขวาจะเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่เข้าหาบริเวณที่มีความแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กน้อย ส่วนขดลวดทางซ้ายจะเคลื่อนที่ขึ้นเข้าหาบริเวณที่มีความแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กมาก จะเห็นได้ว่าแรงหมุนของขดลวดทางขวาจะลดลงเรื่อย ๆ ส่วนแรงหมุนของขดลวดทางซ้ายจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งแรงหมุนของขดลวดทั้งสองข้างเท่ากัน ขดลวดจะหมุนการเคลื่อนที่และเข็มชี้ก็จะชี้แสดงอุณหภูมิที่ BULB สัมผัสอยู่

ที่ใต้เข็มชี้มี DAMPING DISC ประกอบอยู่เพื่อลดการสั่น สายใยซึ่งมีปลายข้างยึดติดอยู่กับ MOVING COIL จะทำหน้าที่ดึงเข็มชี้ให้เคลื่อนที่กลับมาอยู่ที่ตำแหน่งต่ำกว่าระยะสเกลการอ่านในเมื่อกำลังไฟฟ้าขัดข้องหรือสวิทช์อยู่ที่ตำแหน่ง "OFF"

<u>การติดตั้ง</u> ข้อต่อไฟฟ้าอยู่ทางด้านหลังเครื่องวัดเป็นชนิด CONNECTER PLUG



ตามรูปข้างบนแสดงการต่อวงจรสำหรับเครื่องวัดเรือนเดียวใช้กำลังไฟ ๒๔ โวลต์ ถ้านำไปใช้กับกำลังไฟ ๑๒ โวลต์ ให้ต่อขั้วบวกเข้ากับขา D ปล่อยขา A ว่างไว้ พึงสังเกตว่าการต่อลง GROUND ของระบบอยู่ใกล้ RESISTANCE BULB ดังนั้นความยาวของสายภายนอกของแต่ละขดจะประมาณได้ว่าเท่ากันซึ่งจะถือได้ว่าความต้านทานของสายทั้งสองเท่ากัน



สำหรับการติดตั้ง BULB ต้องเป็นไปตามที่ บ. แบบนั้นกำหนด และในการใช้กับของเหลวจะต้องประกอบ GASKET เพื่อป้องกันการรั่วของของเหลว

<u>การบูรณะรักษา</u> การตรวจก่อนบิน ตรวจการหลวมคลอนหรือการแตกร้าวของกระจกหน้าปัทม์ ความเรียบร้อยของเครื่องหมายชี้แสดงการทำงาน เมื่อไม่มีกระแสไฟไหลเข็มชี้จะต้องชี้ต่ำกว่าตำแหน่งต่ำสุดของระยะสเกลและเมื่อสวิทช์กำลังไฟอยู่ที่ "ON" การอ่านของเครื่องวัดจะต้องเป็นไปตามอุณหภูมิที่ทราบถ้าการชี้แสดงของเครื่องวัดไม่เรียบ หรือเข็มชี้สั้นเกินไปในระหว่าง ย. ทำงานจะต้องทำการตรวจสอบเครื่องวัด

<u>การตรวจตามระยะเวลา</u> ตรวจการยึดแน่นของ RESISTANCE BULB ถ้า BULB ติดตั้งอยู่ในของเหลวให้ตรวจรั่วรอบ ๆ GASKET ตรวจฉนวนที่หุ้มสายไฟที่ใช้ต่อระหว่าง BULB กับเครื่องวัดว่าเรียบร้อยหรือไม่

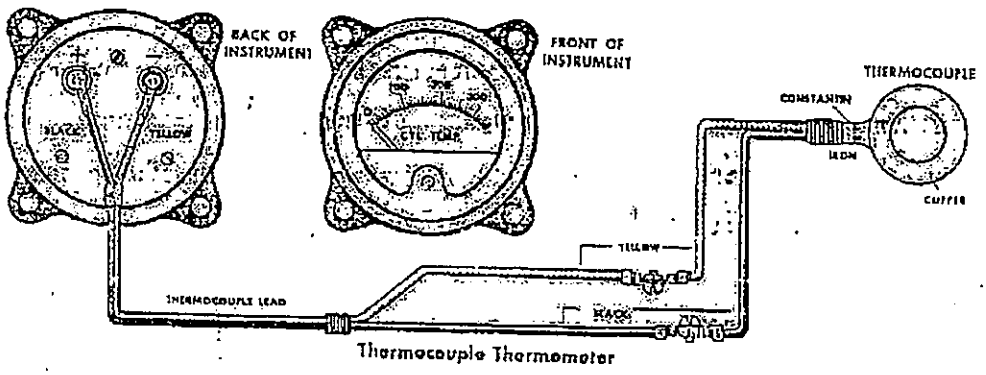
<u>การวินิจฉัยข้อขัดข้อง</u> หัวข้อต่อไปนี้เป็นแนวทางที่จะวินิจฉัยข้อขัดข้องที่เครื่องวัดใช้งานไม่ได้

การชี้แสดงของเครื่องวัด	สาเหตุที่อาจเป็นได้
เข้มชี้ขึ้นสุดสเกล	๑. สายต่อหรือวงจรภายใน Bulb ขาด ๒. ต่อสายกำลังไฟกลับ
เข้มชี้ต่ำสุดสเกล	๑. สายต่อหรือวงจรภายใน Bulb ลัดวงจร ๒. ต่อสายกำลังไฟกลับ ๓. สายกำลังไฟขาด
เข้มชี้สะดุด	๑. สายต่อหลวม

การตรวจหาข้อขัดข้องกระทำได้โดยการตรวจแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วต่อเครื่องวัด ตรวจความเรียบร้อยของสายต่อด้วย OHMMETER ตรวจความต้านทานของ BULB ความต้านทานของ BULB จะต้องเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิและจะมีความต้านทานประมาณ ๑๐๐ โอห์ม เมื่อ Bulb อยู่ที่อุณหภูมิ ๓๐° ซ.

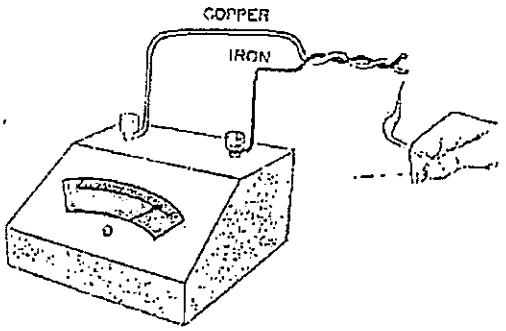
๑.๓ เครื่องวัดอุณหภูมิชนิด THERMOCOUPLE

THERMOCOUPLE THERMOMETER ใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า ๒๐๐° ซ. เช่นอุณหภูมิหัวกระบอกสูบของเครื่องยนต์ลูกสูบและอุณหภูมิไอเสียหรือ TAIL PIPE ของ ย. เจ็ต เครื่องวัดอุณหภูมิแบบนี้ไม่ต้องการกำลังไฟภายนอก กำลังไฟฟ้าที่ใช้จะได้จากตัว THERMOCOUPLE ระบบของเครื่องวัดประกอบด้วยตัวเครื่องวัดส่วนประกอบ THERMOCOUPLE และสายต่อ THERMOCOUPLE ส่วนประกอบ THERMOCOUPLE ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ หัวต่อของลวดโลหะที่ต่างกันสองชนิด THERMOCOUPLE ที่ใช้กันอยู่มี ๓ แบบ คือ แบบ GASKET แบบ BULB และ แบบ BAYONET

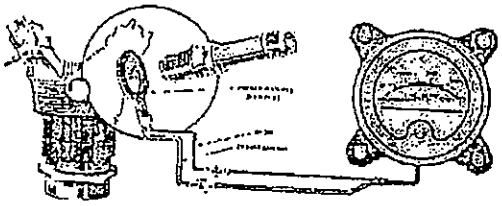


Thermocouple Thermometer

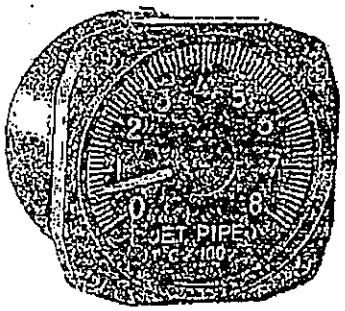
Thermocouple Thermometer System.



A Simple Thermocouple.

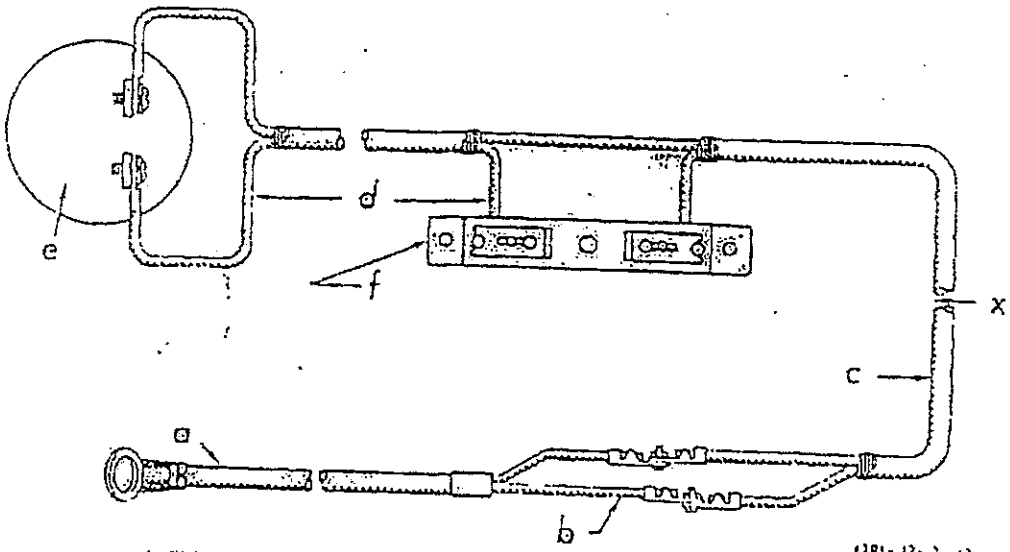


Installation of Gasket Type Thermocouple.



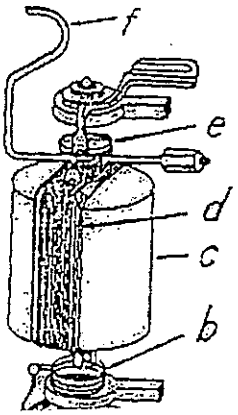
Exhaust-temperature gage for a jet engine.

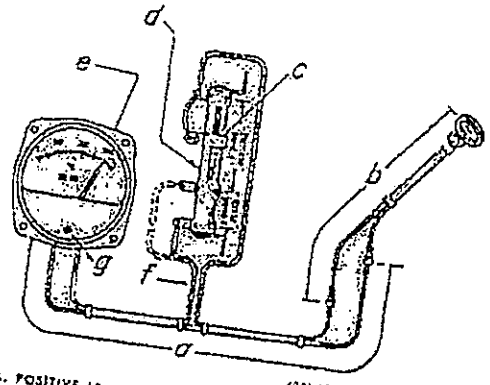
Cylinder-head-temperature gage.



A. THERMOCOUPLE ASSEMBLY
B. POSITIVE LEAD (IRON)
C. LEAD ASSEMBLY (COVERED)
D. NEGATIVE LEAD (CONSTANTAN)
T. INDICATOR
T. ADJUSTABLE RESISTOR

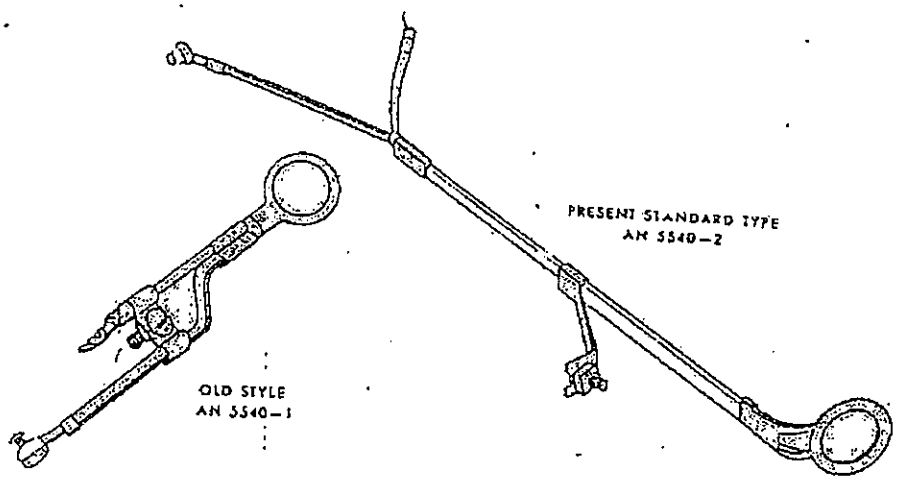
Thermocouple thermometer system leads shorted.



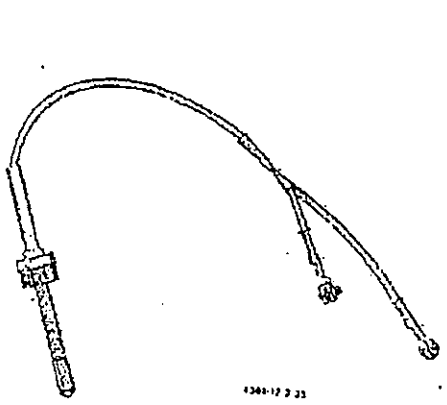


A. POSITIVE LEAD
B. THERMOCOUPLE ASSEMBLY
C. SLIDING CONTACT
D. VARIABLE RESISTOR
E. INDICATOR
F. NEGATIVE LEAD
G. ZERO ADJUSTING SCREW (AMBIENT TEMP. ADJ.)

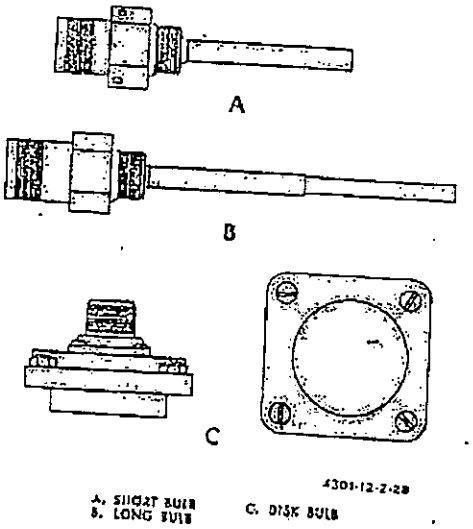
Thermocouple thermometer system.



Gasket-type thermocouple assembly.



Resistance bulb.



Resistance bulbs.

Buyanet-type thermocouple assembly.

THERMOCOUPLE แบบ GASKET ใช้วัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบของ ย. ลูกสูบ THERMOCOUPLE ประกอบอยู่ใต้ตัวเรือนและทำหน้าที่เป็น GASKET

THERMOCOUPLE แบบ BAYONET ใช้วัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบของเครื่องยนต์ลูกสูบที่หัวกระบอกสูบจะต้องมีช่องทำไว้เป็นพิเศษสำหรับสวมตัว THERMOCOUPLE เครื่องยนต์เครื่องหนึ่งที่มี THERMOCOUPLE ติดตั้งมากกว่า 1 อันจะต้องใช้ SELECTOR SWITCH ติดไว้ภายในห้องนักบิน เพื่อที่จะให้เครื่องวัดสามารถอ่านค่าของ THERMOCOUPLE แต่ละอัน

THERMOCOUPLE แบบ BULB ใช้วัดอุณหภูมิของของไหลซึ่งอาจจะเป็นของเหลวหรือแก๊ส ตัว THERMOCOUPLE จะถูกสอดผ่านหน้าแปลนที่บรรจุของไหลและสัมผัสอยู่กับของไหลที่ต้องการวัดอุณหภูมิ

ส่วนมากโลหะที่ใช้สร้าง THERMOCOUPLE ใช้ IRON - CONSTANTAN หรือ COPPER-CONSTANTAN ในการใช้วัดอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ๓๕๐° ซ. และใช้ CHROMEL - ALUMEL สำหรับวัดอุณหภูมิที่สูงกว่า ๓๕๐° ซ.

สีของฉนวนที่หุ้มสาย THERMOCOUPLE จะชี้แสดงให้ทราบถึงชนิดของโลหะที่ใช้ ดังมีรายละเอียดตามตารางข้างล่างนี้

แบบเครื่องวัด	ใช้วัด	ส่วนประกอบ	สีเครื่องหมาย	ขั้วของสาย	ความต้านทานโอห์ม	ระยะสเกลของเครื่องวัด	หมายเหตุ
R – ๘	Cyl.Head	Iron Constantan	ดำ เหลือง	บวก ลบ	๒	๐ – ๓๕๐	Copper- สีแดง -ใช้เป็นขั้วบวก
R – ๑๑	Cyl.Head	Iron Constantan	ดำ เหลือง	บวก ลบ	๘	๐ – ๓๕๐	
A – ๑ A – ๖ K – ๗	Tail.pipe	Chromel Alumel	ขาว แดงหรือ เขียว	บวก ลบ	๘	๐ - ๑๐๐๐	

IRON – CONSTANTAN เป็นแบบมาตรฐานที่ใช้กับ AAF ใช้สำหรับอุณหภูมิต่ำกว่า 350° ซ.

COPPER – CONSTANTAN มีใช้ทั้ง บ. ทหารและพานิช ใช้สำหรับอุณหภูมิต่ำกว่า 350° ซ.

CHROMEL – ALUMEL เป็นแบบมาตรฐานที่ใช้กับ AAF ใช้สำหรับอุณหภูมิเกินกว่า 350° ซ.

<u>ส่วนประกอบของโลหะผสมที่ใช้ทำสาย THERMOCOUPLE</u>

CONSTANTAN: COPPER 45 – 60% , NICKEL 55 – 40%

CHROMEL : NICKEL 90% , CHROMIUM 10%

ALUMEL : NICKEL 95% , ALUMINUM + MANGANISE + SILICON 5%

สาย THERMOCOUPLE สร้างขึ้นในลักษณะเป็นสายไฟคู่ สายแต่ละเส้นเป็นโลหะที่ใช้สำหรับ THERMOCOUPLE เป็นแบบ ๆ สายเหล่านี้อาจจะแบ่งออกเป็นหลายตอน

CHROMEL,ALUMEL เป็น TRADE NAME ของ HOSKINS MANUFACTURING COMPANY ทั้งนี้เพื่อความสะดวกและง่ายในการติดตั้งและการบำรุงระวังรักษา ฉนวนที่หุ้มสายจะต้องเป็นวัตถุที่ทนต่อน้ำมันเชื้อเพลิง หล่อลื่น หรือ น้ำ ความต้านทานของสายและส่วนประกอบ THERMOCOUPLE จะต้องมีค่าคงที่และจำเป็นจะต้องตรวจสอบเมื่อทำการตรวจตามระยะเวลา ความต้านทานของสายระหว่างเครื่องวัดและส่วนประกอบ THERMOCOUPLE จะต้องมีค่าคงที่และจำเป็นจะต้องตรวจสอบเมื่อทำการตรวจตามระยะเวลา ความต้านทานของสายระหว่างเครื่องวัดและส่วนประกอบ THERMOCOUPLE เป็นสิ่งสำคัญซึ่งจะต้องมีค่าคงที่ตามตารางที่ให้ไว้ข้างต้น

บางระบบของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบนี้มีความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงได้ประกอบอยู่เพื่อไว้ใช้ปรับให้ได้ความต้านทานตามกำหนด ความต้านทานที่นำมาประกอบจะต้องต่อเป็นอันดับกับสายลบ (ALUMEL หรือ COMSTANTAN) และจะต้องติดตั้งให้อยู่ใกล้เครื่องวัดเท่าที่จะใกล้ได้ VARIABLE RESISTANCE ที่ใช้กันอยู่มีอยู่ ๒ แบบ คือ

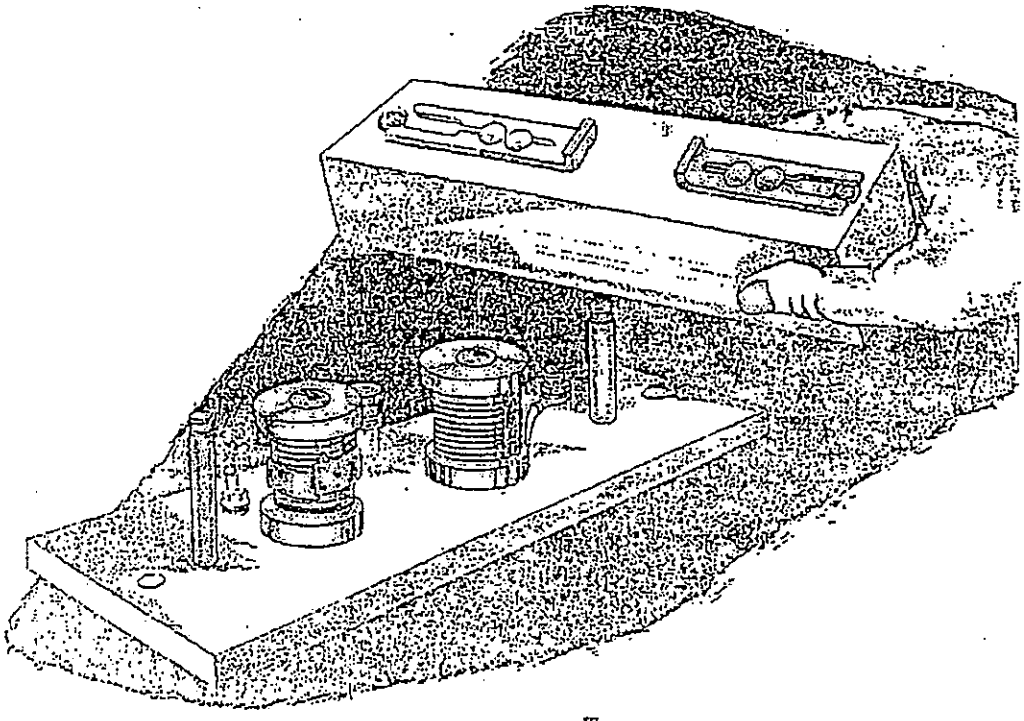
๑. แบบ AN ๕๕๓๔ เป็นแบบ RESISTANCE BLOOK ประกอบด้วยขดลวดความต้านทาน ๒ ขด ขดหนึ่งต่ออยู่ในวงจร ส่วนอีกขดหนึ่งติดตั้งไว้เป็นอะไหล่ เมื่อความต้านทานน้อยกว่าเกณฑ์ให้นำลวดความต้านทานจากขดลวดอะไหล่มาใช้ต่อโดยลวดความต้านทานประมาณ 0.๗ โอห์มต่อฟุต

๒. แบบ AN ๕๕๓๕ ประกอบด้วยตัวความต้านทานคงที่ ๔ โอห์ม และความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงได้ ๔ โอห์ม เมื่อทำการปรับได้ความต้านทานถูกต้องตามเกณฑ์กำหนดแล้วให้ขันสลักเกลียวซึ่งยึดคันกรีดตัวความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงได้ให้แน่น

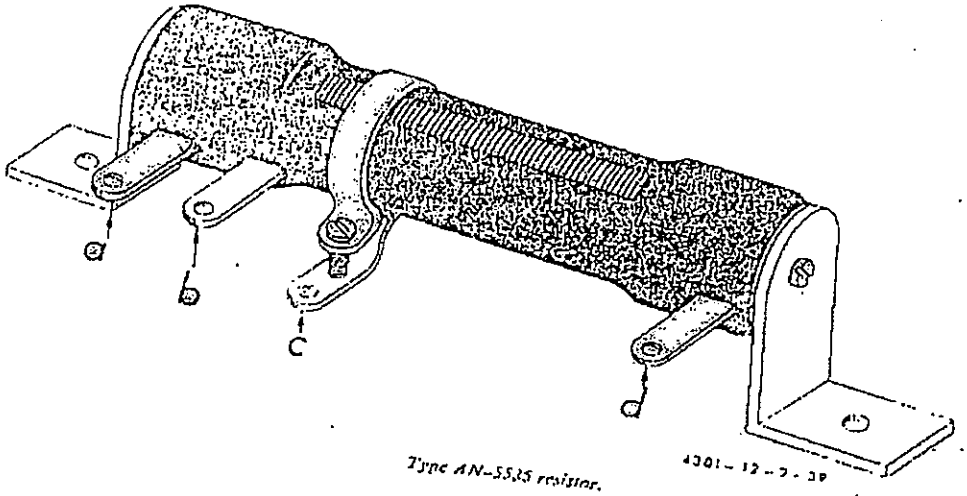
<u>ส่วนประกอบเครื่องวัด</u> เครื่องวัดเป็นเครื่องวัดมิลลิโวลต์แบบ D' ARSONVAL ซึ่งนำมาขีดแบ่งสเกลให้อ่านเป็นองศาเซนติเกรด ระยะสเกลการอ่านของเครื่องวัดที่ออกแบบสำหรับวัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบมีระยะ ๐ - ๒๕๐° ซ. และสำหรับอุณหภูมิไอเสียของ ย. เจ๊ตมีระยะสเกล ๐ – ๑๐๐๐° ซ. เครื่องวัดมีทั้งแบบเดี่ยวและแบบคู่ (เครื่องวัด ๒ เรือนรวมอยู่ในเรือนเดียวกัน) กลไกการวัดประกอบด้วย MOVING COIL ติดตั้งอยู่ระหว่างแม่เหล็กถาวรตามรูปแสดงวงจรทางไฟของเครื่องวัดแบบ – ๙ (ใช้กับ บ.ฝ.๘)

ข้อต่อสายไฟเป็น STUD ยื่นออกมาทางด้านหลังเครื่องวัดมีขนาดผิดกันและมีเครื่องหมายบอกขั้วไฟฟ้าให้ทราบ กระแสไฟที่ไหลเข้าและออก Moving COIL จะผ่านสายใยซึ่งประกอบอยู่กับ MOVING COIL สายใยจะทำหน้าที่ดึงเข็มชี้กลับเมื่อไม่มีกระแสไฟไหลผ่าน และเมื่อมีกระแสไฟไหลผ่าน

เข้าขดลวด สายใยจะทำหน้าที่หน่วงการเคลื่อนที่ของกลไกเข็มชี้ซึ่งจะทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่เป็นปฏิภาคกับกระแสไฟที่ไหลผ่าน



Type AN 553-1



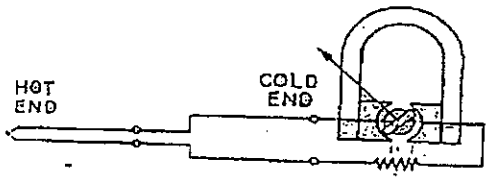
Type AN-553 resistor.

CARBON NEUTRALIZER ประกอบอยู่ในวงจรเครื่องวัดเพื่อความมุ่งหมายที่จะรักษาให้ความต้านทานของเครื่องวัดคงที่ ทั้งนี้ก็เพราะว่า CARBON จะมีความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น COMPENSATING RESISTOR ประกอบอยู่เพื่อใช้ทำการปรับค่าความต้านทานของวงจรทางไฟภายในเครื่องวัดให้ได้ค่าความต้านทานตามเกณฑ์กำหนด

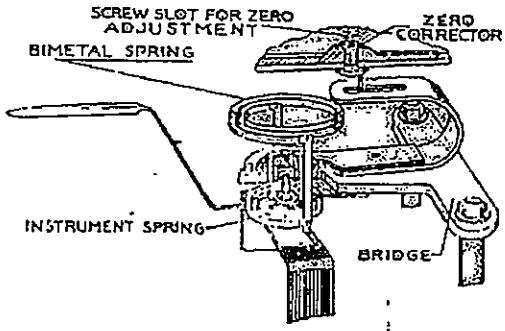
TEMPERATURE THERMOSTATIC BIMETAL SPRING ติดตั้งอยู่กับกลไกเครื่องวัดมีปลายข้างหนึ่งต่อกับปลายของสายใยเพื่อที่จะทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ชี้อุณหภูมิภายในตัวเรือนเครื่องวัด การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องวัดจะเป็นเหตุให้ BIMETAL SPRING รัดตัวเข้าหรือคลายตัวออกซึ่งจะทำให้ปลายของสายใยเปลี่ยนตำแหน่งและจะอำนวยให้เข็มชี้ ชี้แสดงอุณหภูมิใหม่ ดังนั้นถ้าเครื่องวัดมิได้ต่อกับสาย THERMOCOUPLE BIMETAL SPRING ก็จะทำหน้าที่อำนวยให้เข็มชี้ชี้แสดงอุณหภูมิของเครื่องวัด ซึ่งเป็นการชี้แสดงอุณหภูมิของสถานที่ที่เครื่องวัดติดตั้งอยู่ เราเรียกตำแหน่งนี้ว่าตำแหน่ง ZERO ของเครื่องวัด ZERO CORRECTOR SCREW ติดตั้งอยู่ที่ทางด้านหน้ากระจกเครื่องวัดเพื่อใช้สำหรับปรับตั้งให้เข็มชี้เครื่องวัดชี้แสดงอุณหภูมิของสถานที่นั้นก่อนที่จะใช้งาน การปรับทำได้โดยนำเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานมาวางใกล้เครื่องวัดอุณหภูมิที่จะทำการปรับเป็นเวลาประมาณ ๒๐ นาที ปลดสายข้างหนึ่งของสาย THRMOCOUPLE ที่ต่อกับเครื่องวัดออก แล้วใช้ไขควงหมุนสลักเกลียวปรับตั้งเข็มชี้ของเครื่องวัดให้อ่านตามเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน

<u>หลักการทำงาน</u> เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ THRMOCOUPLE มีหลักเกณฑ์การทำงาน ซึ่งอาจจะกล่าวได้สั้นๆ ว่า "การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลหะ ๒ ชนิด ที่เชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกันจะเป็นเหตุให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง"

เมื่อนำลวดโลหะ ๒ ชนิดที่ต่างกันเช่น IRON และ CONSTANTAN เชื่อมปลายข้างหนึ่งของลวดแต่ละชนิดให้ละลายยึดติดเป็นเนื้อเดียวกันและต่อปลายที่เหลือเข้ากับวงจรไฟฟ้า เมื่อให้ความร้อนทางปลายที่เชื่อมจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าทางปลายที่เย็น แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิภาคกับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างปลายทั้งสองของลวดโลหะนั้น แรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกวัดโดยเครื่องวัดในหน่วยมิลลิโวลต์และนำมาขีดสเกลให้อ่านเป็นองศาเซ็นติเกรดเครื่องวัดจะชี้แสดงอุณหภูมิที่แท้จริงของ THRMOCOUPLE



1 Thermocouple system.



Thermocouple temperature indicator showing bimetallic spring for ambient temperature compensation.

โดยไม่คำนึงถึงอุณหภูมิของ COLD JUNCTION (อุณหภูมิภายในตัวเรือนเครื่องวัด) เพราะว่า BIMETAL SPRING ได้ทำหน้าที่ให้เข็มชี้แสดงอุณหภูมิในตัวเรือนเครื่องวัดอยู่แล้ว ตัวอย่างเช่นหัวกระบอกสูบมีอุณหภูมิ ๒๔๐° ซ. และอุณหภูมิห้องเป็น ๔๐° ซ. BIMETAL SPRING จะอำนวยให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปชี้แสดงที่ ๔๐° ซ. แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยความแตกต่างของอุณหภูมิ HOT JUNCTION และ COLD JUNCTION จะเกิดขึ้นเท่ากับอุณหภูมิ ๒๐๐° ซ. ซึ่งจะทำให้เข็มชี้เคลื่อนจาก ๔๐ ไปอีก ๒๐๐ ซึ่งจะชี้แสดงที่ ๒๔๐° ซ.

<u>การติดตั้ง</u> ก่อนทำการติดตั้งเครื่องวัดให้ถอดสายทองแดงเล็กๆ ที่ผูกติดเพื่อป้องกันการสั่นของกลไกเครื่องวัดในระหว่างการขนส่ง ข้อต่อไฟฟ้าทั้งหมดจะต้องสะอาดแน่นเพราะว่าความต้านทานใดๆ ที่เกิดขึ้นที่ข้อต่อจะทำให้เครื่องวัดอ่านค่าต่ำกว่าความจริง

THRMOCOUPLE แบบ GASKET ติดตั้งอยู่ใต้หัวเทียนโดยปกติใช้เป็น GASKET ของหัวเทียนการติดตั้งจะต้องติดตั้งกับหัวกระบอกสูบที่ร้อนที่สุดของ ย. ซึ่งจะทราบได้โดยการทดลอง และให้ระมัดระวังการปิดตัวของสาย THERMOCOUPLE เมื่อวางสายเรียบร้อยแล้วให้ใช้ลวด STAINLESS มัดสาย THERMOCOUPLE เข้ากับกระบอกสูบหรือส่วนของโครงสร้างที่แข็งแรง

THERMOCOUPLE แบบ BAYONET ติดตั้งอยู่กับขั้นต่อพิเศษซึ่งประกอบอยู่กับหัวกระบอกสูบ

THERMOCOUPLE แบบ BULB โดยปกติใช้วัดอุณหภูมิของของเหลวหรือแก๊ส ตัว THRMOCOUPLE จะสอดเข้าอยู่ในของไหลโดยผ่านหน้าแปลนซึ่งยึดอยู่กันเรือนบรรจุของไหลนั้น ๆ สิ่งที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษก็คือระวังอย่าให้ PORCELAIN ชำรุด

สำหรับ ย. เจ็ตจะมี BULB ๒ อัน หรือมากกว่าต่อกันอยู่แบบขนาน ตัว THRMOCOUPLE สอดอยู่ใน EXHAUST CONE และเครื่องวัดจะอ่านค่าเฉลี่ยของ BULB ทั้งหมด

การตรวจและการบูรณะรักษา

<u>การตรวจก่อนบิน</u> ตรวจการแตกร้าว การหลวมคลอนหรือการเป็นริ้วรอยของกระจกและเครื่องหมายชี้แสดงการทำงาน ตรวจการอ่านของเครื่องวัดซึ่งจะต้องเป็นไปตามอุณหภูมิในขณะนั้น

<u>การตรวจตามระยะเวลา</u> ตรวจการยึดแน่นของกระจกเครื่องวัด สายไฟและสภาพของฉนวนขั้วไฟฟ้าจะต้องสะอาดและแน่น ตรวจสอบตำแหน่งศูนย์ของเครื่องวัด ตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัด ตรวจสอบความต้านทานของสาย THERMOCOUPLE

การตรวจตำแหน่งศูนย์ของเครื่องวัดกระทำได้โดยถอดสายข้างหนึ่งของ THERMOCOUPLE ออกจากเครื่องวัด แล้วนำเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานมาวางใกล้ ๆ เครื่องวัดเป็นเวลา ๒๐ นาที ต่อจากนั้นให้ปรับตั้งเครื่องวัดมาตรฐานแล้วประกอบสาย THRMOCOUPLE เข้าที่เดิม

การตรวจสอบความต้านทานของสาย THRMOCOUPLE กระทำให้โดยถอดสาย THERMOCOUPLE ออกจากเครื่องวัดแล้ววัดค่าความต้านทานของสายด้วย OHMMETER ซึ่งจะต้องเป็นไปตามกำหนด

การตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดกระทำได้โดยทดลองอุณหภูมิซึ่งติดมากับเครื่องทดอง C-1 และให้กระทำการทดลองดังนี้

๑. ทดลองความคลาดเคลื่อนของสเกลการอ่าน

๑.๑ ปลดสายบวกของสาย THRMOCOUPLE ออกจากเครื่องวัด ปรับตั้งเครื่อง วัดให้อ่านที่ ๒๐°ซ. (เคาะเครื่องวัดเบา ๆ เพื่อขจัดความฝืด) ต่อสาย CLIP แดงของเครื่องทดลองกับขั้วบวกของเครื่องวัดและสาย CLIP ดำของเครื่องทดลองกับสายบวกของสาย THRMOCOUPLE ที่ถอดออกจาก พยายามวางเครื่องทดลองให้อยู่ในระดับเท่าที่สามารถจะทำได้

๑.๒ ขณะที่สวิตช์แบตเตอรี่ของเครื่องทดลองอยู่ที่ "OFF" ปรับหรือตรวจสอบให้เครื่องวัดมาตรฐานของเครื่องทดลองอ่านที่ ๒๐° ซ.

๑.๓ หมุนสวิตช์แบตเตอรี่ของเครื่องทดลองไปที่ "ON"

๑.๔ ปรับ SELECTOR SW. ไปที่ ๓๕๐°ซ.

๑.๕ ปรับ RHEOSTAT จนกระทั่งเครื่องวัดมาตรฐานอ่าน ๓๕๐°ซ. และระวังอย่าให้เคลื่อนที่ในระหว่างการทำการทดลอง เริ่มทำการทดลองที่อุณหภูมิ ๓๕๐° ซ. ๓๐๐° ซ. ๒๕๐° ซ. และลดลงมาตามลำดับโดยการหมุน SELECTOR SW. ไปตามตำแหน่งที่ต้องการทดลองอุณหภูมิเครื่องวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งกับ บ. และเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานจะต้องอ่านผิดกันไม่เกิน ๑๐° ซ. ก่อนอ่านให้เคาะเครื่องวัดเบา ๆ เพื่อขจัดความฝืด

๑.๖ ถ้าเครื่องวัดอ่านถูกต้องปลดสายเครื่องทดลองออกจากเครื่องวัด และก่อนที่จะต่อสายบวกของ THERMOCOUPLE เข้ากับเครื่องวัดให้ทำการปรับตั้งตำแหน่งศูนย์ของเครื่องวัดตามอุณหภูมิที่เป็นอยู่ในขณะนั้น แล้วจึงต่อสายบวกของ THRMOCOUPLE เข้ากับเครื่องวัด

<u>หมายเหตุ</u> การต่อสาย CLIP ของเครื่องวัดกับเครื่องทดลองให้ระมัดระวังการต่อผิดด้วย ตามรูปเป็นการทดลองกับเครื่องวัดที่ใช้ความต้านทาน ๘ โอห์ม ถ้าใช้ทดลองเครื่องวัดที่ใช้ความต้านทาน ๒ โอห์ม ก็จะต้องเปลี่ยนสาย CLIP ดำมาต่อที่ปุ่ม ๒ โอห์ม และถ้าจะใช้ตรวจสอบความต้านทานก็ต้องต่อสาย CLIP เข้ากับปุ่มต่อความต้านทานของเครื่องทดลอง (ไม่ต้องคำนึงถึงสายบวกหรือลบ)

๒. ตรวจทดลองความต้านทานของสาย

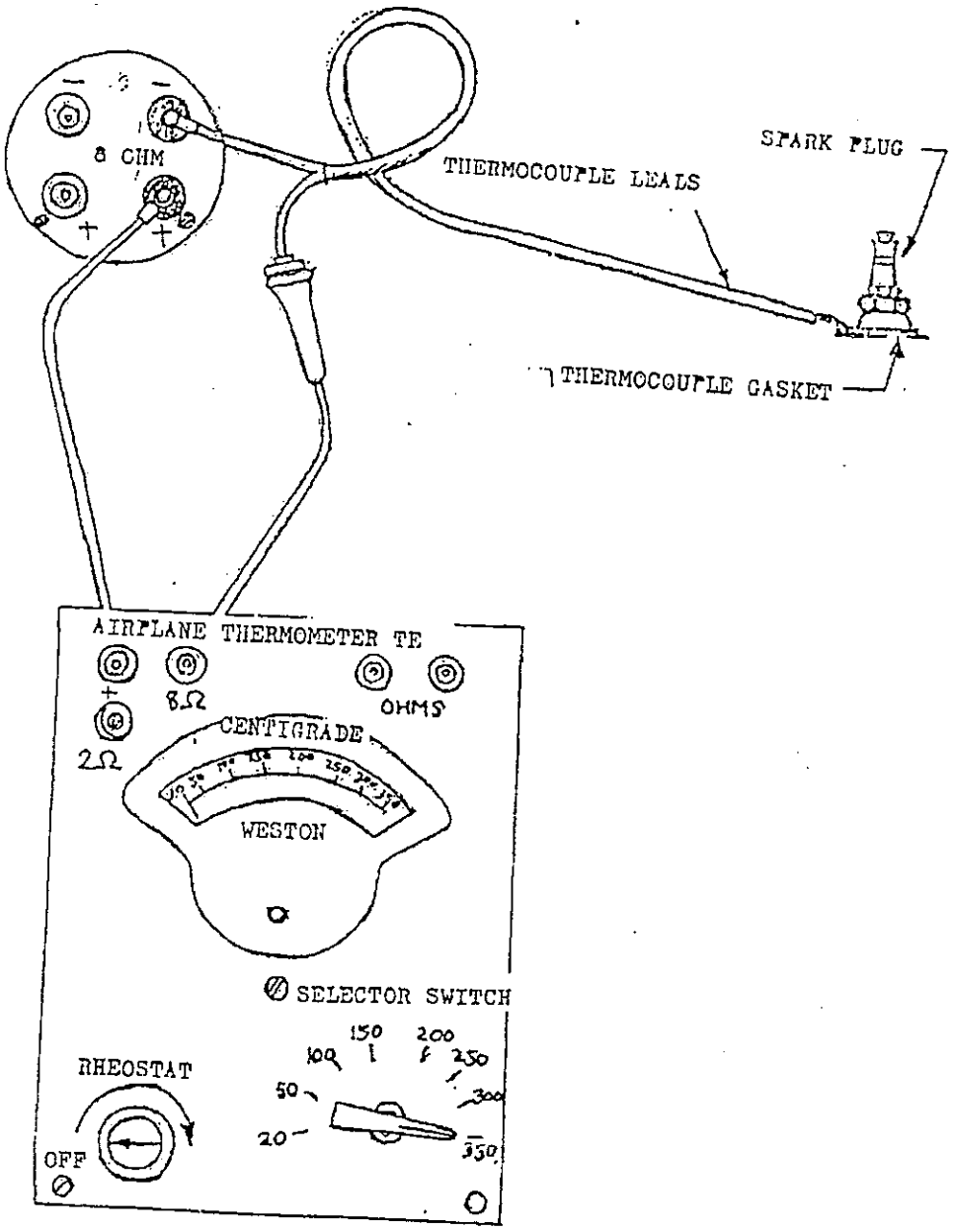
๒.๑ ขณะที่สวิตช์แบตเตอรี่ของเครื่องทดลองอยู่ที่ "OFF" ปรับหรือตรวจสอบให้เครื่องวัดมาตรฐานของเครื่องทดลองอ่านที่ ๒๐° ซ.

๒.๒ ตรวจดูอย่าให้สาย

๒.๓ หมุนสวิตช์แบตเตอรี่ของเครื่องทดลองไปที่

๒.๔ ปิด SELECTOR SW. ไปที่ ๓๕๐° ซ.

๒.๕ ปรับ RHEOSTAT จนกระทั่งเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐานอ่าน ๓๕๐° ซ. ระวังอย่าให้เลื่อนจากตำแหน่งนี้ในขณะทำการทดลอง



การตรวจทดลองเครื่องวัด

๒.๖ ต่อสาย CLIP ของเครื่องทดลองเข้ากับสาย THRMOCOUPLE ทั้งสองที่ถอดจากเครื่องวัด

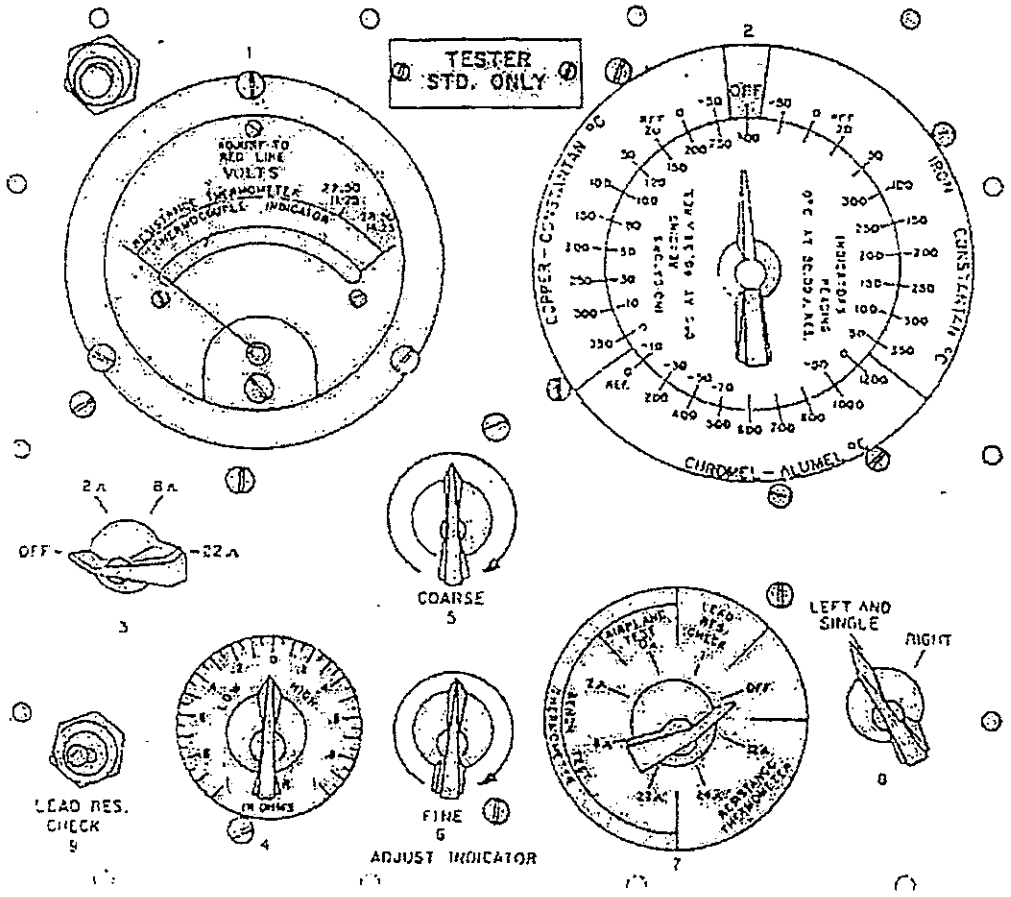
๒.๗ ความต้านทานของสาย THRMOCOUPLE ซึ่งชี้แสดงให้ทราบบนสเกลวัดอุณหภูมิของเครื่องทดลอง จะต้องเป็นไปดังนี้

ความต้านทานโอห์ม	องศาเซนติเกรด
๑.๙	๒๐๑
๑.๙๕	๒๐๓
๒.๐	๒๐๕
๒.๐๕	๒๐๗
๒.๑	๒๐๙
๒.๒	๒๑๕

ในการใช้สาย CLIP ของเครื่องทดลองต่อกับสาย THERMOCOUPLE นี้ อุณหภูมิอ่านได้บนสเกลหน้าปัดจะเป็นค่าความต้านทานของสาย THRMOCOUPLE บวกด้วยความต้านทานของสาย CLIP ซึ่งมีความต้านทาน ๐.๐๕ โอห์ม ตัวอย่างเช่น ถ้าสาย THRMOCOUPLE มีความต้านทานที่แท้จริง ๒ โอห์ม และสาย CLIP ของเครื่องทดลองมีความต้านทาน ๐.๐๕ โอห์ม เครื่องวัดอุณหภูมิของเครื่องทดลองจะอ่าน ๒๐๗° ซ.

ในการตรวจสาย THERMOCOUPLE ถ้าพบว่าฉนวนของสายฉีกขาดหรือแสดงว่าวงจรไฟขาดหรือลัดวงจร จะต้องเปลี่ยนส่วนของสายไฟนั้นทั้งชุด ข้อขัดข้องส่วนมากของระบบนี้เกิดจากการติดตั้ง THERMOCOUPLE และสายไฟไม่ถูก สำหรับเครื่องวัดชนิดเดี่ยวยึดติดกับ THERMOCOUPLE อันเดียว และสายไฟเกิดขาด เครื่องวัดจะชี้แสดงอุณหภูมิของสถานที่นั้นสำหรับ บ. เจ๊ตการขาดของสาย THERMOCOUPLE อันเดียวจะไม่กระทบกระเทือนต่อวงจรของ THERMOCOUPLE ตัวอื่น ๆ เนื่องจากมันต่อกันอยู่แบบขนาน และเครื่องวัดก็ชี้แสดงอุณหภูมิของ THERMOCOUPLE ที่เหลืออยู่

เมื่อถอดเครื่องวัดจาก บ. เพื่อทำการส่งซ่อมหรือมิได้ใช้งานให้ใช้ลวดทองแดงเล็ก ๆ มัดติดระหว่าง STUD ทั้งสองเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของกลไกเครื่องวัด



เครื่องทดลองระบบเทอร์โมมิเตอร์ JET – CAL TESTER

บทที่ ๕
ระบบเครื่องวัดรอบ

ระบบเครื่องวัดรอบติดตั้งกับ บ. เพื่อให้ชี้แสดงการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงเป็นรอบต่อนาทีและในกรณีที่ใช้กับ บ. เจ็ต เครื่องวัดรอบจะชี้แสดงรอบของ TURBINE เป็นเปอร์เซ็นต์ ความมุ่งหมายในการติดตั้งเครื่องวัดรอบก็เพื่อ

๑. ทำการทดสอบสมรรถนะของ ย. ที่พื้นก่อนวิ่งขึ้น

๒. เตือนให้ทราบถึงความขัดข้องของ ย.

๓. ใช้เป็นแนวทางในการปรับตั้ง THROTTLE เพื่อให้ ย. มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการบินเดินทาง

๔. หลีกเลี่ยงความสึกหรอของ ย. และความหมดเปลืองของเชื้อเพลิง

๕. ในการตรวจสอบมักเนโต โดยปกติ ย.เครื่องหนึ่งจะประกอบด้วยมักเนโต ๒ เรือน เมื่อนักบินเปลี่ยนสวิทซ์ไปใช้มักเนโตเรือนใดเรือนหนึ่งคือตำแหน่ง "BOTH" ไป "LEFT " หรือ "BOTH" ไป "RIGHT" รอบของ ย.ที่ลดลงจะอ่านได้จากการชี้แสดงของเครื่องวัดรอบ การชี้แสดงของเครื่องวัดจะเป็นการชี้แสดงให้ทราบว่า ย.สามารถจะทำงานได้เป็นที่พอใจหรือไม่เมื่อมักเนโตเรือนใดเรือนหนึ่งขัดข้องจำนวนรอบต่อนาทีที่ยอมให้ลดลงได้มากที่สุดเป็นไปตามแบบของ ย.

เครื่องวัดรอบที่ใช้กับอากาศยานแบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ ๒ ชนิด คือ

๑. เครื่องวัดรอบชนิดกลไก

๒. เครื่องวัดรอบชนิดไฟฟ้า

เครื่องวัดรอบชนิดกลไกทุกแบบใช้สายขับเป็นตัวอำนวยมาเข้าเครื่องวัด เครื่องวัดที่ใช้กันอยู่มีอยู่ ๓ แบบ คือ CHRONOMETRIC, MAGNETIC และ CENTRIFUGAL

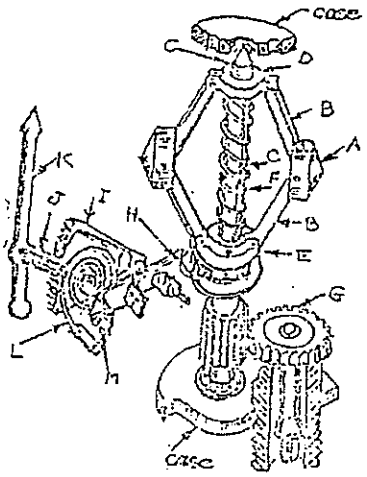
เครื่องวัดรอบชนิดไฟฟ้ามีอยู่ ๒ แบบ คือ ALTERNATOR – VOLTMETER TYPE และ ELECTRIC MAGNETIC – DRAG TYPE ส่วนประกอบที่จำเป็นสำหรับเครื่องวัดรอบชนิดไฟฟ้าทั้งสองแบบ คือ เครื่องเยนเนอเรเตอร์ (TRANSMITTER) และสายไฟที่ใช้ต่อระหว่างเยนเนอเรเตอร์กับเครื่องวัด

ในปัจจุบันเครื่องวัดรอบส่วนมากเป็นแบบไฟฟ้า ทั้งนี้ก็เพราะการใช้สายขับมาอำนวยเครื่องวัดให้ทำงานเป็นการเพิ่มน้ำหนักของ บ. การติดตั้งต้องใช้เนื้อที่มาก (การงอสายขับต้องใช้รัศมี) โดยเฉพาะ บ. ที่มีระยะทางจากแผงเครื่องวัดถึงเครื่องยนต์ห่างกันมาก เช่น บ.หลายเครื่องยนต์นอกจากนั้นยังต้องใช้เวลาในการบูรณะรักษามากกว่าระบบไฟฟ้า

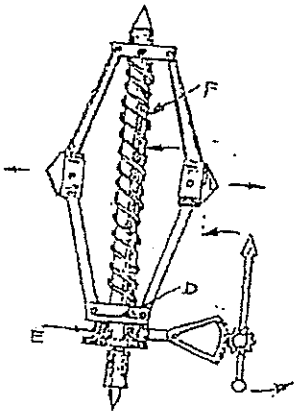
๑. เครื่องวัดรอบชนิดกลไก

๑.๑ เครื่องวัดรอบแบบแรงเหวี่ยง

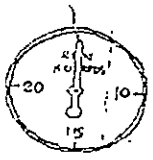
เครื่องวัดออกแบบให้ขับเคลื่อนโดยสายขับ โดยปกติจะหมุนเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของเพลาข้อเหวี่ยง มีความแน่นอนในการทำงานตั้งแต่ ๕๐๐ รอบต่อนาทีขึ้นไป ตัวเรือนเป็นชนิด Rain tight หน้าปัดปัทม์แบ่งขัดสเกลให้เข็มชี้เคลื่อนที่ ๑ รอบเป็นระยะ ๐-๒๕๐๐ รอบ ต่อนาที หรือ๑ ๑/๒ รอบ สำหรับระยะสเกล ๑-๓๕๐๐ รอบต่อนาที แบ่งขีดสเกลให้อ่านขีดละ ๑๐๐ รอบต่อนาที และทุกระยะ ๕๐๐ รอบต่อนาทีมีเลขบอกไว้

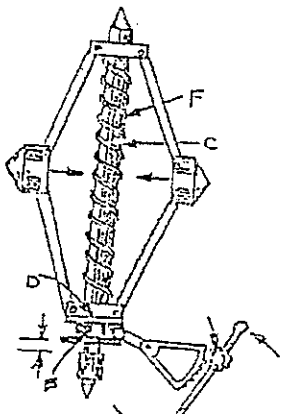


Internal mechanism of the centrifugal tachometer



The centrifugal tachometer mechanism at rest with weights in their neutral position





The centrifugal tachometer mechanism in operation with moving collar balanced against the calibrating spring

<u>การทำงาน</u> เมื่อเพลาแกนของเครื่องวัดรอบถูกอำนวยให้หมุนโดยสายขับ ลูกตุ้มซึ่งมีกลไกยึดอยู่กับแกนเพลาจะหมุนไปพร้อมกับแกนเพลา การหมุนของลูกตุ้มรอบแกนเพลานี้จะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงขึ้นซึ่งแรงเหวี่ยงของลูกตุ้มจะถูกต้านโดยแรงกดของสปริง และเรานำเอาแรงกดของสปริงที่เกิดขึ้นมาวัดเป็นความเร็วของแกนเพลาที่หมุนไป เข็มชี้จะชี้แสดงรอบให้ทราบโดยการเปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวตรงของสปริงเป็นการเคลื่อนที่ในการหมุนซึ่งเป็นไปโดยการอำนวยผ่าน SECTER มายังเข็มชี้

ตามรูปเครื่องวัดประกอบด้วย FLY WEIGHT หรือ GOVERNER ๒ หรือ ๓ อัน ลูกตุ้ม (A) อันหนึ่ง ๆ จะยึดติดกับ LINK ARM (B) ๒ อัน LINK แต่ละอันยึดติดกับปลอกที่สวมอยู่ตอนบนและตอนล่างของแกนปลอกอันล่างเคลื่อนตัวขึ้นลงได้ ส่วนปลอกอันบนยึดติดแน่นกับแกนเพลาซึ่งถูกขับเคลื่อนให้หมุนโดย MAIN DRIVE GEAR (G) ขณะที่แกนเพลาหมุนลูกตุ้มจะหมุนตามไปด้วยและเหวี่ยงตัวออกจากตำแหน่งเดิม ปลอกสวมอันล่างจะเคลื่อนตัวขึ้นปะทะกับแรงกดของสปริง และจะอยู่ในตำแหน่งที่แรงกดของสปริงเท่ากับแรงเหวี่ยงของลูกตุ้ม การเคลื่อนตัวของปลอกสวมอันล่างจะพาให้ ROLLER FOLLOWER (H) เคลื่อนตัวไปด้วยทำให้ SECTOR (I) เคลื่อนที่ในทางหมุน SECTOR มีฟันกินอยู่กับ PINION (J) จะทำให้เข็มชี้ (K) เคลื่อนที่ไปบนสเกลหน้าปัด สายใย (L) ที่ติดตั้งอยู่ระหว่างฟันของ SECTOR และ PINION เพื่อให้เข็มชี้เคลื่อนที่เรียบ การปรับให้เครื่องวัดอ่านถูกต้องกระทำได้โดยการเพิ่มหรือลดความยาวของคานที่ H ซึ่งกระทำได้โดยการปรับสลักเกลียวปรับ (M)

๑.๒ **เครื่องวัดรอบแบบแม่เหล็ก** เครื่องวัดออกแบบสร้างให้กลไกขับเคลื่อนเป็น ๑/๒ หรือ ๑/๔ ของความเร็วเพลาข้อเหวี่ยง กลไกทำงานโดยการอำนวยของสายขับ

<u>ส่วนประกอบ</u> ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ๆ คือ

๑. โรเตอร์ (ส่วนที่หมุน) เป็นแม่เหล็กถาวร (๑) ถูกขับเคลื่อนให้หมุนโดยการอำนวยของเฟืองทด (๒) จาก DRIVE SHAFT (๓)

๒. DRAG CUP (๔) สร้างขึ้นด้วยโลหะที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กยึดติดกับแกนเข็มชี้ประกอบครอบอยู่บนโรเตอร์มีช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับ DRAG CUP เล็กน้อย

๓. BALANCE SPRING ประกอบอยู่เพื่อหน่วงเหนี่ยวการเคลื่อนที่ของ DRAG CUP และ ช่วงในการปรับเครื่องวัด

<u>การทำงาน</u> ขณะที่โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถูกขับเคลื่อนให้หมุน เส้นแรงแม่เหล็กถูกขับเคลื่อนให้หมุนเส้นแรงแม่เหล็กจะหมุนไปด้วย เส้นแรงนี้จะตัด DRAG CUP ทำให้เกิด EDDY CURRENT ขึ้นใน DRAG CUP เป็นเหตุให้ DRAG CUP เกิดแรงหมุนและจะหมุนตามสนามแม่เหล็กของโรเตอร์

สายใยที่ประกอบอยู่จะทำหน้าที่หน่วงการเคลื่อนที่ของ DRAG CUP หรือกล่าวสั้น ๆ ว่าสายใยเป็นตัวทำให้ DRAG CUP เกิดแรงหมุนกลับ DRAG CUP จะหยุดหมุนเมื่อแรงหมุนทั้งสองเท่ากันและเรานำมาขีดแบ่งสเกลให้อ่านเป็นจำนวนรอบของเพลาข้อเหวี่ยง การเคลื่อนตัวของ DRAG CUP จะ

เป็นปฏิภาคโดยตรงกับรอบของโรเตอร์ โดยเมื่อรอบของโรเตอร์สูงขึ้น EDDY CURRENT ที่เกิดขึ้นที่ DRAG CUP ก็จะสูงขึ้นทำให้ DRAG CUP เคลื่อนตัวได้มากขึ้น

<u>สายขับ</u> สายขับสร้างขึ้นด้วยลวดเปียโนหลายเส้นพันกันอยู่เป็นเกลียวมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

๑. OUTER FLEXIBLE HOUSING (A) ซึ่งถ้ายาวเกินกว่า ๓ ฟุต จะต้องมีสายลวดถักด้วยเส้นด้ายถักหุ้มอยู่

๒. Retaining WASHER (B) ประกอบอยู่ทาง KEY END ของสายขับเพื่อป้องกันไม่ให้สายขับผลุบเข้าไปในปลอกสาย

๓. DRIVE SHAFE (C) มีปลายข้างหนึ่งมีลักษณะเป็น SQUARE TANG สำหรับต่อเข้าเครื่องวัดและปลายอีกข้างหนึ่งเป็น KEY TANG สำหรับประกอบเข้ากับ TACHOMETER ADAPTER ซึ่งประกอบอยู่กับเครื่องยนต์

ส่วนประกอบของสายขับทั้งหมดจะต้องไม่เป็นแม่เหล็ก สายลวดถักที่หุ้มปลอกสายจะทำหน้าที่เป็น STATIC SHIELD

<u>การติดตั้ง</u> เพื่อที่จะให้เครื่องวัดอ่านได้แน่นอน สายขับจะต้องลั้นเท่าที่จะลั้นได้ และจะต้องมีความยาวไม่เกิน ๒๔ ฟุต การเดินสายจะต้องมีการคดงอน้อยที่สุด ถ้าจำเป็นต้องมีการงอจะต้องให้มีรัศมีไม่น้อยกว่า ๖ นิ้ว TACHOMERTER ADAPTER มีแบบมาตรฐานอยู่ ๒ แบบ คือ ๒ : ๑ และ ๑ : ๑ ฉะนั้นในการนำมาติดตั้งกับ บ. ให้พึงระมัดระวังให้ใช้ให้ถูกตามที่ บ. นั้น ๆ กำหนดไว้

ภายหลังที่ได้ติดตั้งสายขับเรียบร้อย ก่อนที่จะต่อเข้ากับเครื่องวัด ADAPTER ให้ตรวจสอบว่าสายขับหมุนได้คล่องโดยใช้มือหมุน ต่อจากนั้นให้ดึงและดัน KEY TANK หลายๆ ครั้ง สายขับจะต้องเคลื่อนที่ได้ไม่น้อยกว่า ๓/๘ นิ้ว การขับแป้นยึดปลอกสายขับกับเครื่องวัดและ ADAPTER จะต้องใช้แรงไม่เกิน ๑๕ ฟุตปอนด์

<u>หมายเหตุ</u>

เครื่องวัด	ใช้เครื่องวัด ๑:๒ กับ บ. ที่ใช้ ๑:๑ เครื่องวัดอ่าน ๒ เท่า
	ใช้เครื่องวัด ๑:๑ กับ บ. ที่ใช้ ๑:๒ เครื่องวัดอ่าน ๑/๒ เท่า
เครื่องทดลอง	ใช้เครื่องวัด ๑:๒ กับ เฟืองทดรอบ ๑:๑ เครื่องวัดอ่าน ๒ เท่า
	ใช้เครื่องวัด ๑:๑ กับ เฟืองทดรอบ ที่ใช้ ๑:๒ เครื่องวัดอ่าน ๑/๒ เท่า
ใบพัด	ใบพัดหมุน ๑ รอบ เพลาขับวัดรอบหมุน ๑/๒ รอบใช้เครื่องวัด ๑:๒
	ใบพัดหมุน ๑ รอบ เพลาขับวัดรอบหมุน ๑ รอบใช้เครื่องวัด ๑:๑

<u>การบูรณะรักษา</u> ภายหลังการติดตั้งเครื่องวัดกับแผงเครื่องวัดแล้ว เครื่องวัดรอบชนิดกลไกไม่ต้องการการบูรณะรักษาอย่างใด การทำงานไม่ถูกต้องส่วนมากเกิดจากข้อบกพร่องของสายขับ ข้อต่อ หรือ ADAPTER

<u>การตรวจประจำวัน</u> ตรวจความเรียบร้อยทั่วๆ โดยเฉพาะการยึดแน่นของชุดสายขับเครื่องวัดและเครื่องยนต์

<u>การตรวจก่อนบิน</u> ภายหลังการติด ย. ให้ตรวจการขึ้นลงของเข็มชี้ซึ่งจะต้องเป็นไปตามการเพิ่มหรือลดรอบเครื่องยนต์ เข็มชี้จะต้องเคลื่อนที่เรียบไม่สะดุดหรือสั่นมากเกินไป

<u>การตรวจตามระยะเวลา</u> ตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดกับเครื่องวัดมาตรฐาน

๒. เครื่องวัดรอบชนิดไฟฟ้า

เครื่องวัดรอบชนิดไฟฟ้าที่มีใช้อยู่ใน ทอ. ไทยมีอยู่ ๒ แบบ คือ แบบ ELECTRIC MAGNETIC DRAG และ แบบ ALTERNATOR - VOLTMETER

๒.๑ เครื่องวัดรอบแบบ ELECTRIC MAGNETIC DRAG

เครื่องวัดรอบแบบนี้ประกอบด้วยตัวเครื่องวัด TRANSMITTER และสายต่อระหว่างเครื่องวัดกับ TRANSMITTER TRANSMITTER ก็คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 PHASE ขับเคลื่อนโดยการหมุนของเครื่องยนต์

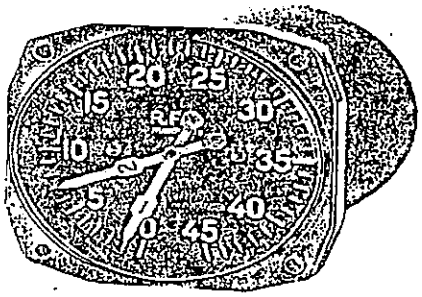
<u>ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องวัด</u> เครื่องวัดประกอบด้วย SYNCHRONOUS MOTOR ประกอบอยู่ตอนส่วนท้ายของตัวเรือนเครื่องวัด ชุด MAGNETIC DRAG อยู่ตอนส่วนกลางของตัวเรือน และทางส่วนหน้าของตัวเรือนประกอบด้วยหน้าปัทม์ เข็มชี้และหน้าแปลนสำหรับยึดเครื่องวัดในการติดตั้ง

ตามรูปของเครื่องวัดรอบซึ่งสร้างโดยบริษัท KOLLSMAN โมเตอร์ประกอบด้วยขนาด STATOR ชนิด ๓ PHASE (๓ และโรเตอร์ชนิด SQUIRREL CAGE ,(๔) แกนข้างหนึ่งของโรเตอร์ยื่นออกไปจนถึงตอนสวนกลางของตัวเรือนและประกอบเข้ากับแกนแม่เหล็กถาวรชุด MAGNETIC DRAG ซึ่งอยู่ตอนส่วนกลางของตัวเรือน

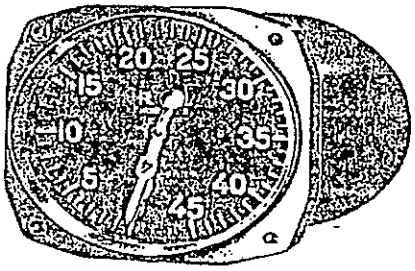
ชุด Magnetic DRAG ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรชนิด ๔ ขั้น (๕) DRAG CUP หรือ DRUM (๔) ประกอบสวมอยู่รอบแม่เหล็กถาวรมีแกนยึดอยู่ต่างหากจากแกนของแม่เหล็กถาวร ทั้งแม่เหล็กถาวรและ DRUM อยู่แยกกันโดยแกนของแม่เหล็กถาวรยึดติดกับแกนโรเตอร์ของโมเตอร์และแกนของ DRUM ยึดติดกับแกนของเข็มชี้ขณะที่โมเตอร์ทำงานแม่เหล็กถาวรจะหมุนตามไปด้วยทำให้เกิด EDDY CURRENT ขึ้นที่ DRUM เป็นเหตุให้ DRUM เคลื่อนที่หมุนตามวงจรสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรการเคลื่อนที่ของ DRUM จะถูกสายใย (๗) ขัดขวางหน่วงเหนี่ยวไว้ และการเคลื่อนที่ของ DRUM จะถูกอำนวยมายังเข็มชี้โดย HAND STAFF (๘) MOTOR ของเครื่องวัดจะได้รับกำลังไฟจาก ALTERNATOR ทำให้โมเตอร์ของเครื่องวัดทำงานหมุนอยู่ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของ ALTERNATOR ทั้งนี้เพราะเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าของ ALTERNATOR ซึ่งมาอำนวยให้โมเตอร์ของเครื่องวัดทำงานมีเท่า ๆ กับที่เกิดขึ้นใน ALTERNATOR และเนื่องจากแม่เหล็กถาวรยึดติดกับแกนโรเตอร์ ฉะนั้นมันจะหมุนไปด้วยรอบเท่ากันกับ

รอบโมเตอร์ ขณะที่แม่เหล็กหมุนไปจะเกิด EDDY CURRENT ขึ้นที่ DRUM เป็นเหตุให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่ DRUM เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะเข้ารวมกันเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร DRUM จะเคลื่อนที่ไปแต่การหมุนของ DRUM จะถูกขัดขวางในทิศทางที่จะทำให้ DRUM หยุดโดยแรงดึงของสายใย และ DRUM จะหยุดเคลื่อนที่เมื่อแรงดึงของสายใยเท่ากับแรงหมุนของ DRUM ที่เกิดขึ้นโดยการรวมตัวของสนามแม่เหล็กทั้งสองซึ่งจะปฏิภาคกับรอบของแม่เหล็กดังนั้นเข็มชี้จะเคลื่อนที่เป็นปฏิภาคกับรอบที่ ALTERNATOR หมุนอยู่ด้วย การปรับการชี้แสดงของเข็มชี้ขึ้นอยู่กับการปรับสายใย ความเข้มของแม่เหล็กภายใน DRUM และช่องว่างระหว่างแม่เหล็กถาวรและ DRUM

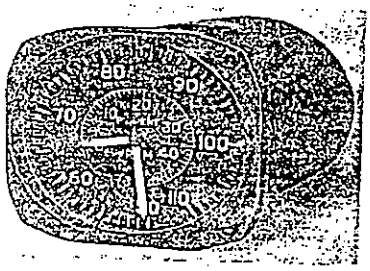
เครื่องวัดที่สร้างโดยบริษัท G.E. โมเตอร์ เป็นชนิด SYNCHRONOUS MOTOR เช่นเดียวกับเครื่องวัดซึ่งสร้างโดยบริษัท KOLLSMAN ขดลวด STATOR เป็นชนิด 3 PHASE ที่ตัวโรเตอร์มีแผ่น HYSTERESIS DISK ยึดอยู่กับ SHAFT โดย COTTON PIN แกนของแม่เหล็กถาวรยึดติดกับแกนของโรเตอร์โดยแรงกดของสปริงในการหมุนของโรเตอร์ที่รอบสูง ๆ สปริงนี้จะยอมให้แกนของแม่เหล็กถาวรที่ติดอยู่กับแกนของโรเตอร์



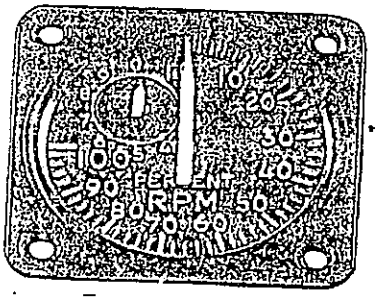
Tachometer Indicator Models
8DJ19AAW and 8DJ19ABE



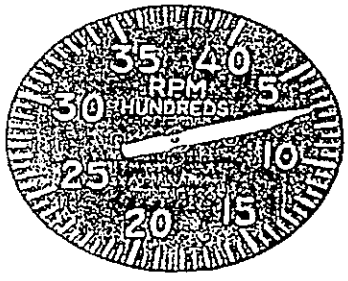
Tachometer Indicator Models
8DJ19AAX and 8DJ19AHF



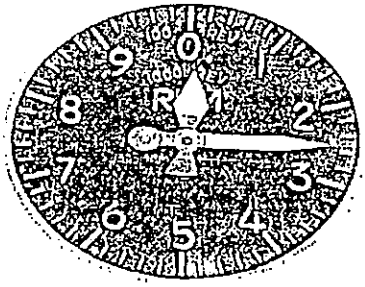
Per-cent-of-power indicator.



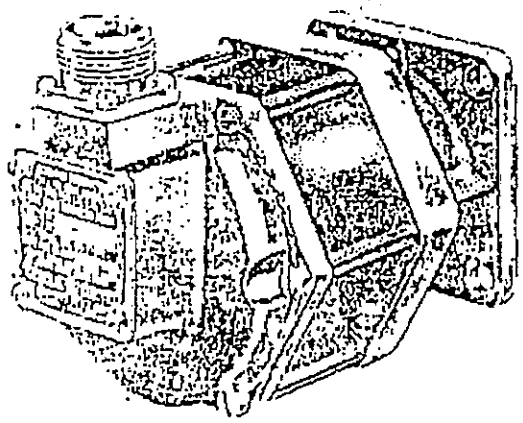
Tachometer Indicator Models
8DJ43AAD, 8DJ43AAK1, 8DJ13AAK3, 8DJ13AAK5,
and 8DJ43BAD with Mounting Bezel AN5802



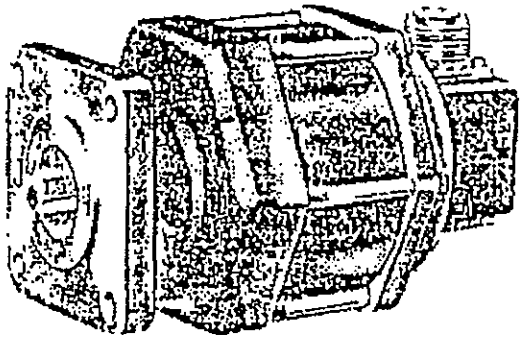
Tachometer Indicator Model 8DJ43AAE



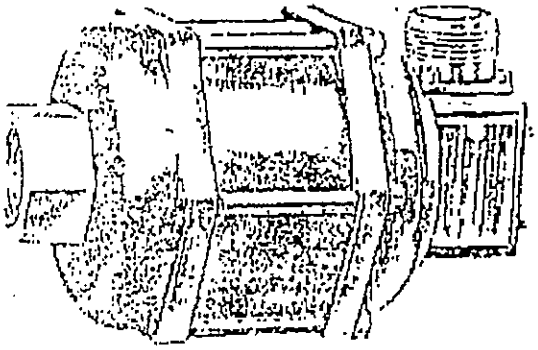
Tachometer Indicator Model 8DJ43AAH
and 8DJ43BAH



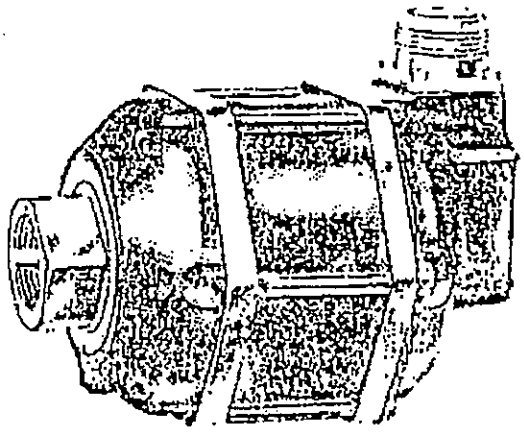
. Tachometer Generator Models 2CM5A1W, 2CM5ACH, 2CM5ACG, 2CM5AIDH and 2CM5AIFN



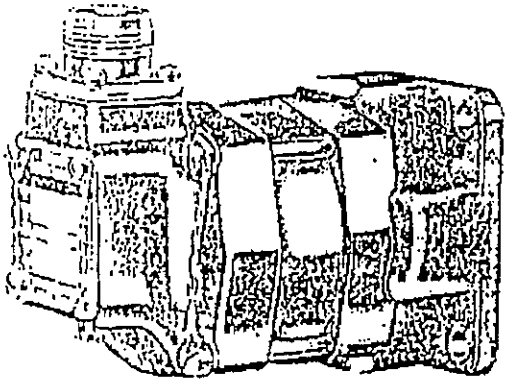
. Tachometer Generator Model 2CM5BAL



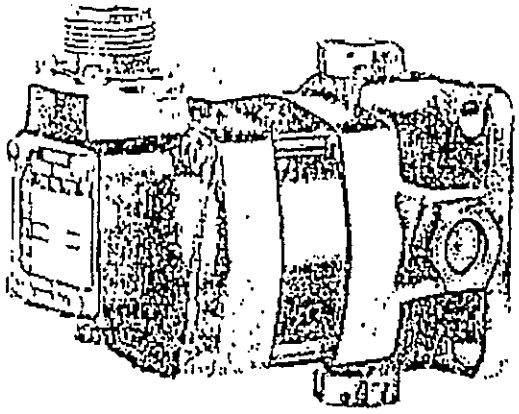
. Tachometer Generator Model 2CM5BAM



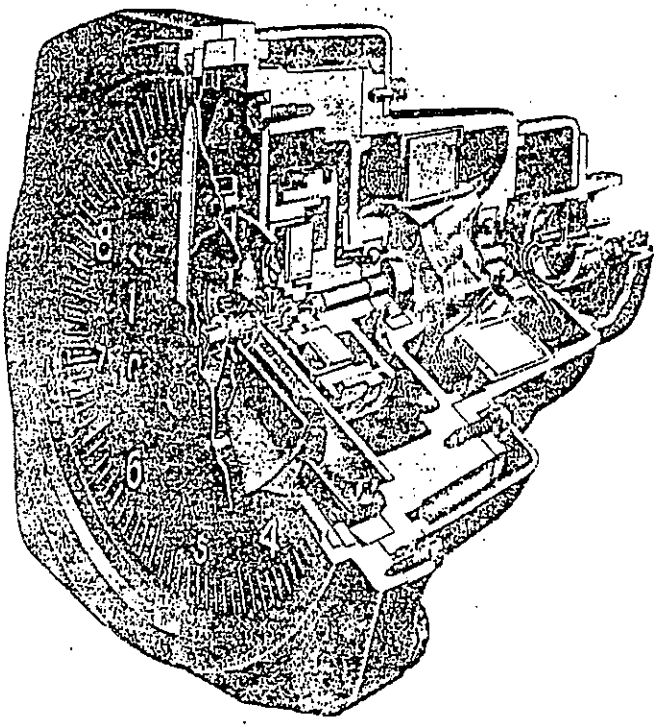
. Tachometer Generator Models 2CM7AAA and 2CM7AAH



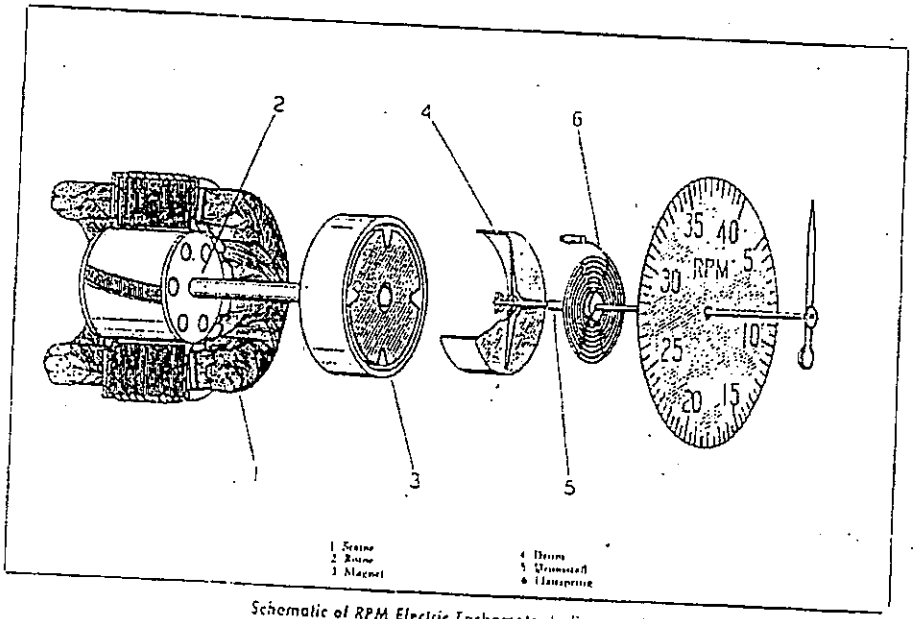
. Tachometer Generator Model 2CM9AAA



. Tachometer Generator Model 2CM9AAH



A-c tachometer indicator.



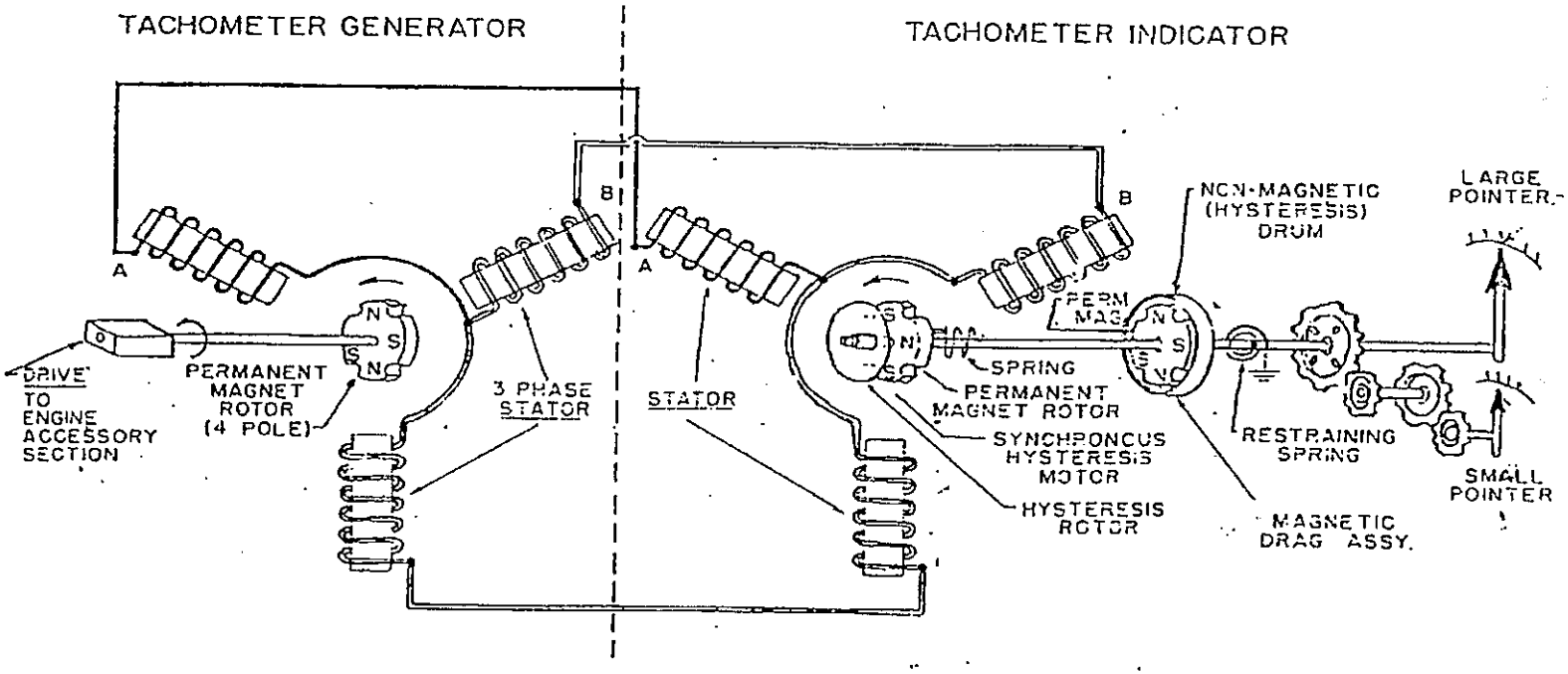
1 Scene
2 Rotor
3 Magnet
4 Drum
5 Worm gear
6 Hairspring

Schematic of RPM Electric Tachometer Indicator—Type 1277-4-03
(AF Type E-26)

U. S. AIR FORCE TECHNICAL SCHOOL
CHANUTE AIR FORCE BASE, ILLINOIS

Course: Aircraft Maintenance Officer.

Project: Pressure, Temperature, Pitot-Static, Tachometer Indicating Systems.



BASIC TACHOMETER INDICATING SYS.

For ATC Instructional Purposes Only

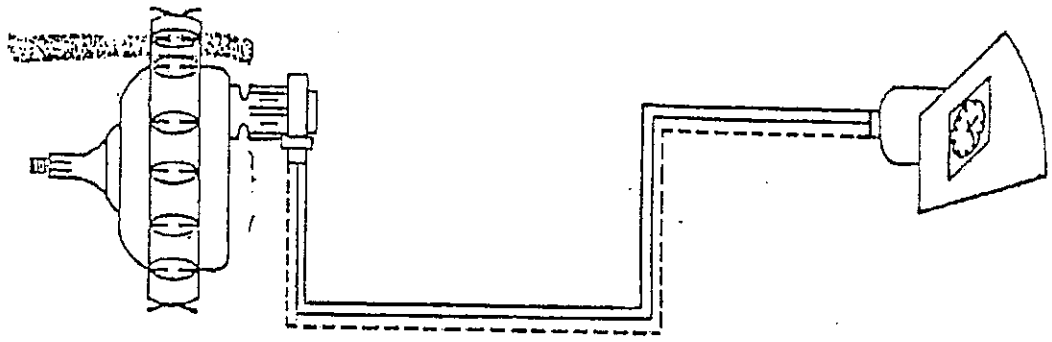
เคลื่อนตัวออกจากกันในเมื่อตัวแม่เหล็กถาวรไม่จัดแนวเส้นแรงแม่เหล็กของมันให้หมุนสัมพันธ์กับการหมุนของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดสนามของ STATOR จาน HYSTERESIS จะทำให้โรเตอร์เคลื่อนตัวขึ้นจนทำให้แม่เหล็กถาวรหมุนอยู่ในจังหวะเดียวกันกับขดสนาม

ส่วนประกอบของแม่เหล็กถาวรประกอบด้วยแผ่น PLATE 2 แผ่นแต่ละ PLATE มีแม่เหล็กเล็กๆ ยึดติดอยู่ จัดให้หน้าแม่เหล็กของแผ่น PLATE ทั้งสองอยู่ตรงกันและมีขั้วตรงกันข้ามระหว่างแผ่น PLATE ทั้งสองมี DRAG DISK คั่นกลาง เมื่อส่วนประกอบแม่เหล็กหมุนรอบ DRAG DISK จะทำให้เกิด EDDY CURRENT ขึ้นที่ DRAG DISK เป็นเหตุให้ DRAG DISK เกิดแรงหมุนขึ้น DRAG DISK ยึดติดอยู่กับแกนเข็มชี้และสายใยซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของ DRAG DISK แรงหมุนของ DRAG DISK จะเป็นปฏิภาคกับรอบต่อนาทีของการหมุนของส่วนประกอบแม่เหล็กถาวร เพราะฉะนั้นการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ก็จะเป็นปฏิภาคกับรอบต่อนาทีของ ALTERNATOR โดยการปรับแรงดึงของสายใยและระหว่างของหน้าแม่เหล็กถาวรกับ DRAG DISK ก็สามารถจะทำให้เข็มชี้เครื่องวัดชี้แสดงความเร็วในการหมุนที่ถูกต้องของ ALTERNATOR

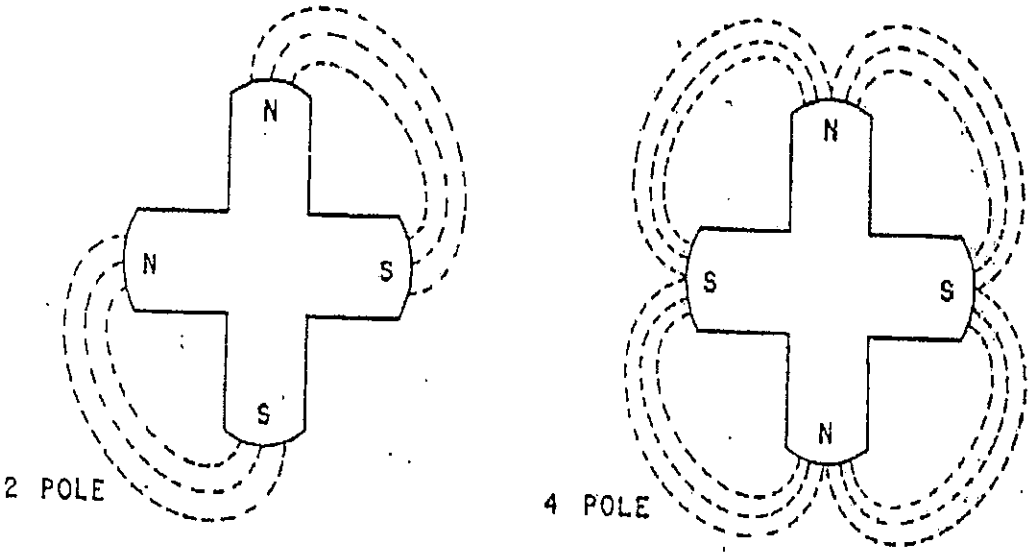
<u>แบบของเครื่องวัด</u> แบบของเครื่องวัดเป็นไปตามชนิดการใช้งาน AF แบบ E -13 และ E – 21 ใช้วัดรอบต่อนาทีของ ย. และมีระยะสเกลเดียวคือ ๑ – ๔๕๐๐ R.P.M.

AF แบบ E – 3L วัดความเร็วในการหมุนของกังหันของ ย. เจ็ตซึ่งแทนที่จะชี้แสดงเป็นรอบต่อนาทีจะชี้แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วในการทำงาน โดยปกติเครื่องวัดแบบนี้จะปรับให้การทำงานที่รอบ ๑๐๐ % คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เครื่องวัดมีระยะเลกลการอ่านจาก ๑ ถึง ๑๑๐ เปอร์เซ็นต์ ระยะสเกลที่หน้าปัดอาจจะขีดแบ่งเป็นวงกลม ๒ วง สเกลวงในจัดให้ชี้แสดงจาก ๑ ถึง ๕๐% และสเกลวงนอกชี้อ่านจาก ๕๐% ถึง ๑๑๐% เครื่องวัดประกอบด้วย SYNCHRONOUS MOTOR ๓ ตัว ประกอบอยู่ในแนวตามยาวของตัวเรือนเครื่องวัด โมเตอร์ตัวบนจะขับเคลื่อนชุดแม่เหล็กถาวรซึ่งจะไปอำนวยให้ Drag Disk ที่มีแกนติดอยู่กับเข็มชี้แสดงรอบ ๑ ถึง ๕๐% ทำงาน ส่วน SYNCHRONOUS MOTOR ตัวล่างจะไปชี้ขับเคลื่อนชุดแม่เหล็กถาวรซึ่งจะไปอำนวยให้ DRAG DISK ที่มีแกนติดอยู่กับเข็มชี้แสดงระยะเกลการทำงานจาก ๕๐ ถึง ๑๑๐%

<u>ส่วนประกอบและการทำงานของ ALTERNATOR</u> ALTERNATOR ของเครื่องวัดรอบประกอบด้วยสิ่งที่จำเป็นคือโรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรและ STATER ชนิด ๓ Phase ซึ่งจะทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขณะที่โรเตอร์หมุน โรเตอร์หมุนอาจจะออกแบบสร้างได้ทั้งชนิด ๒ ขั้วและ ๔ ขั้ว ทั้งสองแบบมีลักษณะและการสร้างเหมือนกันผิดกันเพียงว่าชนิด ๒ ขั้วมีขั้วแม่เหล็กอยู่ติดกันเป็นคู่ (N,N,S,S) ส่วนชนิด ๔ ขั้วมีขั้วแม่เหล็กสลับกัน (N,S,N,S) จะเห็นได้ว่า ALTERNATOR ชนิด ๒ ขั้ว จะมีความถี่ ๑ CYCLE ต่อทุก ๆ รอบของโรเตอร์ ALTERNATOR ชนิด ๔ ขั้วจะมีความถี่ ๒ CYCLE ต่อทุก ๆ รอบของโรเตอร์ ดังนั้นการใช้ ALTERNATOR กับเครื่องวัดจึงเป็นสิ่งที่พึงระมัดระวังเช่นนำ ALTERNATOR ชนิด ๒ ขั้วไปใช้งานกับเครื่องวัดซึ่งใช้ SYNCHRONOUS MOTOR ชนิด ๔ ขั้ว ALTERNATOR จะหมุนไป ๒ รอบแต่โมเตอร์ของเครื่องวัดจะหมุนไป ๑ รอบ เข็มชี้แสดงรอบจะชี้น้อยกว่าความเป็นจริง ๑/๒ เท่า



Generator Mounting.



Types of Generator Rotors.

ALTERNATOR ที่ใช้กับ ย.ลูกสูบชนิด ๔ ขั้ว และส่วนมากมี ADAPTOR ทดรอบให้ ALTERNATOR หมุนด้วยความเร็วครึ่งหนึ่งของเครื่องยนต์

สำหรับรอบของ SUPERCHARGER และ TURBO JET IMPELLER ซึ่งหมุนด้วยความเร็วที่มากกว่า ย. ลูกสูบ ๓ ถึง ๖ เท่า เราใช้ ALTERNATOR ชนิด ๒ ขั้วและมี ADAPTER ทดรอบตามกำหนดของ บ. แบบนั้น ๆ

ในการตรวจสอบแรงเคลื่อนของ ALTERNATOR จะต้องทำการตรวจสอบ ๒ ตำแหน่ง คือตรวจแรงเคลื่อนที่ความเร็วเดินทางว่าจะต้องไม่สูงเกินไปจนทำให้เครื่องวัดมีอุณหภูมิสูงผิดปกติและตรวจแรงเคลื่อนที่รอบต่ำสุดในการบินว่าจะต้องมีกำลังพอที่จะทำให้โมเตอร์ของเครื่องวัดทำงาน โดยในครั้งแรกใช้ ALTERNATOR ต่อกับเครื่องวัดเรือนเดียวซึ่งมีความต้านทานของขดลวดขดละ ๔๐ โอห์ม แรงเคลื่อนที่รอบ ๓๕๐๐ รอบต่อนาทีต้องไม่เกิน ๒๑ โวลต์ ในครั้งที่สองใช้ ALTERNATOR ตัวเดียวกับเครื่องวัด ๒ เรือนซึ่งต่อกันแบบขนาน เครื่องวัดแต่ละเรือนมีความต้านทานของขดลวดขดละ ๔๐ โอห์ม แรงเคลื่อนที่รอบ ๖๐๐ รอบต่อนาทีจะต้องไม่น้อยกว่า ๓.๕ โวลต์ ถ้าแรงเคลื่อนของ ALTERNATOR ไม่ได้ตามเกณฑ์จะต้องส่งทำการปรับแก้ที่โรงงานเท่านั้น

จากการอธิบายในเรื่องการทำงานของระบบเครื่องวัดแบบ ELECTRIC MAGNETIC DRAG จะเห็นได้ว่า เครื่องวัดแบบนี้ชี้แสดงรอบของ ย. ได้แน่นอน เพราะเป็นการวัดรอบที่ ALTERNATOR หมุนไปจริง ๆ แรงเคลื่อนของ ALTERNATOR ที่เปลี่ยนแปลงไปบ้างหรือไม่คงที่ ไม่เข้ามาเกี่ยวข้องกับกลไกการชี้แสดงของเครื่องวัด ฉะนั้นในการติดตั้งของระบบนี้ทำให้สามารถใช้ ALTERNATOR ตัวเดียวกับเครื่องวัด ๒ เรือนหรือมากกว่าได้โดยการต่อเครื่องวัดกันแบบขนาน การขัดข้องไม่ทำงานของเครื่องวัดเรือนใดเรือนหนึ่งจะไม่ทำให้เครื่องวัดที่เหลืออ่านคลาดเคลื่อน

๒.๒ เครื่องวัดรอบแบบ ALTERNATOR – VOLTMOTER

GENERATOR TACHOMETER แบบ E – 12 เป็นแบบแรงเคลื่อนไฟฟ้าชนิดกระแสสลับใช้กับ บ. ฝึกเช่น บ.ฝ. ๘ รุ่นแรก ๆ มีข้อแตกต่างจากเครื่องวัดรอบไฟฟ้าแบบ MAGNETIC DRAG ก็คือ ALTERNATOR เป็นชนิด ๔ ขั้ว SINGLE PHASE และเครื่องวัดเป็นแรงเคลื่อนชนิดกระแสไฟตรงซึ่งนำมาขีดสเกลหน้าปัทม์เป็นรอบต่อนาที ส่วนประกอบของเครื่องวัดมี RECTIFIED แบบ COPPER OXIDE ๒ อันต่ออยู่ในวงจรแบบ WHEATSTONE BRIDGE ของเครื่องวัดเพื่อทำหน้าที่แปลงกระแสไฟสลับให้เป็นกระแสไฟตรง

บทที่ ๖
ระบบเครื่องวัดจำนวนเชื้อเพลิง

บ.จำเป็นจะต้องมีเครื่องวัดจำนวนเชื้อเพลิงเพื่อชี้แสดงจำนวนเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในขณะนั้น เครื่องวัดจะต้องอ่านค่าได้ถูกต้องแน่นอน เพราะถ้าเกิดความคลาดเคลื่อนเพียง ๕% เท่านั้นอาจจะหมายถึงความตายและการสูญเสีย บ. หรืออย่างน้อยที่สุดก็ทำให้ภารกิจที่ได้รับมอบหมายต้องล้มเหลว ฉะนั้นเครื่องวัดนี้จึงเป็นเครื่องวัดที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งที่จะต้องศึกษาให้เข้าใจถึงหลักการทำงานและการบำรุงรักษาเพื่อให้เครื่องวัดใช้งานได้ถูกต้องเป็นที่เชื่อถือไว้วางใจได้ของนักบินหรือผู้เกี่ยวข้อง

ระบบชี้แสดงจำนวนของเชื้อเพลิงที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่ ๓ ระบบ คือ

๑. ระบบการชี้แสดงระดับของเชื้อเพลิงแบบลูกลอย

๒. ระบบชี้แสดงระดับของเชื้อเพลิงแบบ CAPACITANCE

๓. ระบบการชี้แสดงอัตราการไหลของเชื้อเพลิง

๑. ระบบการชี้แสดงระดับของเชื้อเพลิงแบบลูกลอย

ระบบนี้มีใช้กันอยู่คือ

๑. SIGHT GAGE

๒. D.C. LIQUID LEVEL SYSTEM

๓. D.C. TOTALIZER SYSTEM

๔. A.C. TOTALIZER SYSTEM

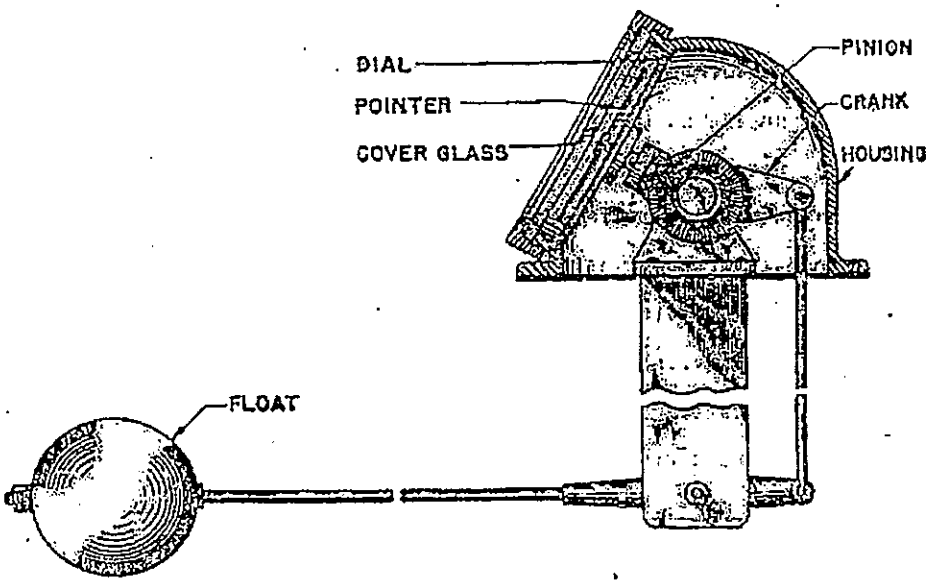
SIGHT GAGE เป็นเครื่องวัดระดับของเหลวชนิดอ่านค่าโดยตรง เป็นเครื่องวัดจำนวนของเหลวแบบแรกที่นำมาใช้วัดจำนวนเชื้อเพลิง หล่อลื่น และของเหลวที่ใช้ทำลายน้ำแข็ง เครื่องวัดเหล่านี้มีกลไกง่ายมากและมีหลักการทำงานซึ่งขึ้นอยู่กับว่าวัตถุที่เบากว่าของเหลวย่อมลอยอยู่บนของเหลวนั้น

ตามรูป SIGHT GAGE ใช้ลูกลอยซึ่งทำด้วยไม้คอร์ดหรือวัสดุอื่นที่เบากว่าของเหลว เพื่อวัดระดับของเหลวในถังบรรจุ ลูกลอยจะลอยอยู่บนของเหลวเมื่อระดับของเหลวลดลงลูกลอยจะลดต่ำไปด้วย จากลูกลอยจะมีก้านต่อไปยังกลไกเพื่อไปอำนวยให้เข็มชี้ทำงาน การเคลื่อนที่ของลูกลอยจะเป็นเหตุให้เข็มชี้เคลื่อนที่ในแนวหมุนรอบสเกลหน้าปัดชี้แสดงระดับของของเหลวที่มีอยู่ในขณะนั้น

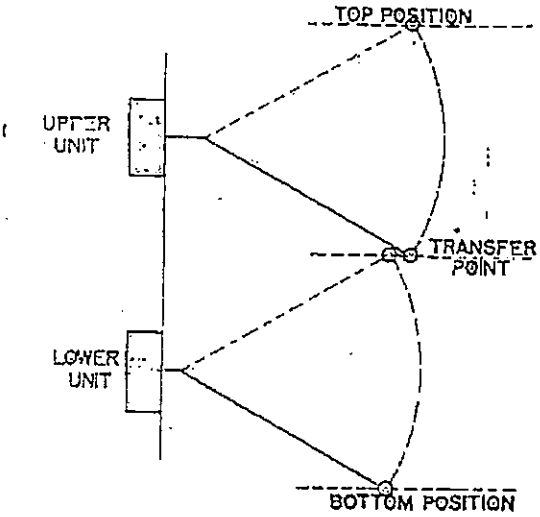
D.C. LIQUID LEVEL SYSTEM เครื่องวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบ SIGHT GAGE ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานกับ บ. ในปัจจุบัน เพราะถึงเชื้อเพลิงของ บ. มีหลายถังและอยู่ห่างไกลจากที่นั่งนักบิน ฉะนั้นการชี้แสดงของเครื่องวัดซึ่งติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัดจึงเป็นไปโดยการถ่ายทอดการวัดซึ่งอำนวยโดยกระแสไฟฟ้า ระบบการชี้แสดงระดับของเหลวโดยใช้กระแสไฟตรงมีอยู่ 2 แบบ LIQUIDO METER และแบบ SELSYN

<u>เครื่องวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบ LIQUIDO METER</u>

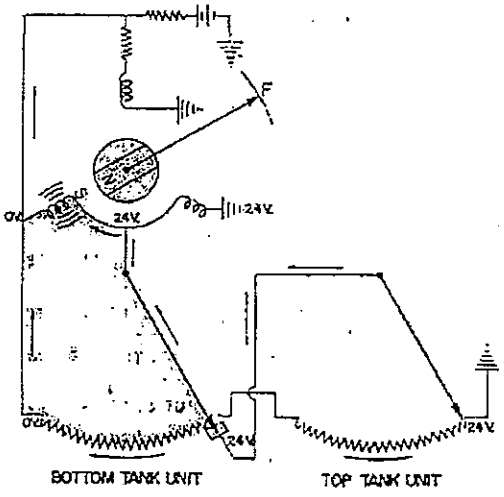
ระบบเครื่องวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบนี้สร้างโดยบริษัท LIQUID METER ระบบประกอบด้วยเครื่องวัดติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัดและ TRANSMITTER สำหรับ TRANSMITTER ของระบบการวัดเชื้อเพลิงในต่อไปจะเรียกว่า "TANK UNIT" TANK UNIT ติดตั้งอยู่กับถังบรรจุเชื้อเพลิง



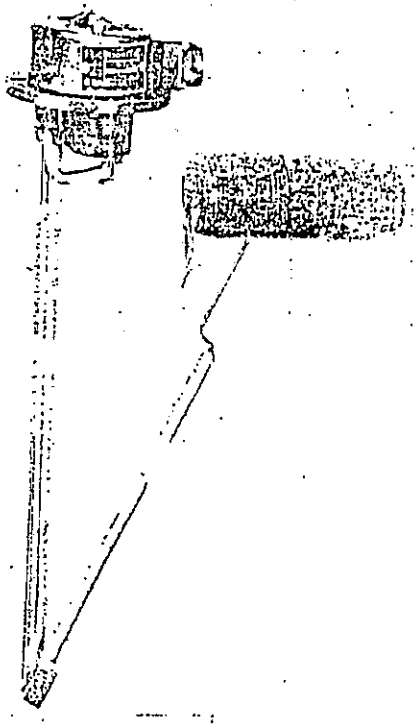
Liquid Level Sight Gage



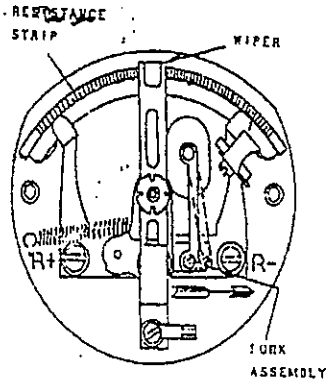
Operation of Tank Units In a Step System.



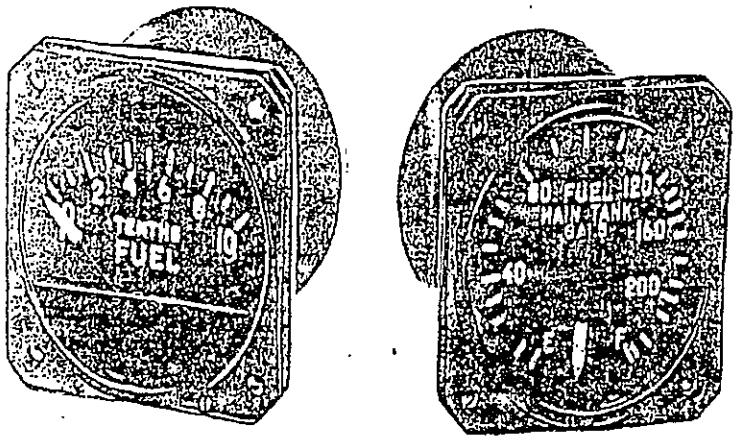
Step System Operation.



Tank Unit, External View.



Tank Unit,
Internal View.



120° and 300° Indicators.

ได้ ๓ วิธี คือ ติดตั้งอยู่ตอนบน,ตอนล่าง,หรือตอนข้างของถัง ลูกลอย (FLOAT) และส่วนประกอบก้านลูกลอย (FLOAT ARM ASSY) ของ TANK UNIT จะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงตามการเปลี่ยนระดับของเหลวที่มีอยู่ภายในถังลูกลอยประกอบอยู่กับ ARM ซึ่งอยู่ตอนล่างของห้องติดตั้งวงจรไฟฟ้าของตัว TANK UNIT จาก ARM จะมีกลไกต่อกับ BELLOW ซึ่งจะเป็นตัวกั้นส่วนประกอบวงจรไฟฟ้ากับส่วนของไอระเหยเชื้อเพลิงมิให้ถึงกัน เพื่อป้องกันมิให้เกิดประกายไฟขึ้น

จาก BELLOW จะมีขึ้นต่อโยงต่อไปยัง FORK ARM ASSY. และการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบนี้จะถูกอำนวยไปยัง CONTACT ARM คันกรีด (WIPER,CONTACT ARM) แตะกับแผ่นความต้านทานซึ่งเป็นรูปโค้งที่ปลายแต่ละข้างของแผ่นความต้านทานมีปุ่ม CONTACT แตะอยู่ข้างละอัน CONTACT ทั้งสองที่กล่าวนี้มีไว้เพื่อปรับแก้การอ่านของเครื่องวัดที่ตำแหน่ง "EMPTY" และ "FULL" โดยการปรับสลักเกลียว R- จะเป็นการปรับแก้การอ่านที่ตำแหน่ง "FULL" และสลักเกลียว R+ ใช้สำหรับปรับแก้การอ่านที่ตำแหน่ง "EMPTY"

ขณะที่ลูกลอยเคลื่อนที่คันกรีดจะเคลื่อนที่ไปบนแผ่นความต้านทาน แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ส่งไปยังเครื่องวัดจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เรานำการเปลี่ยนแปลงของแรงเคลื่อนนี้มาขีดแบ่งสเกลให้อ่านจำนวนเชื้อเพลิงออกมาเป็นแกลลอน หรือ ปอนด์

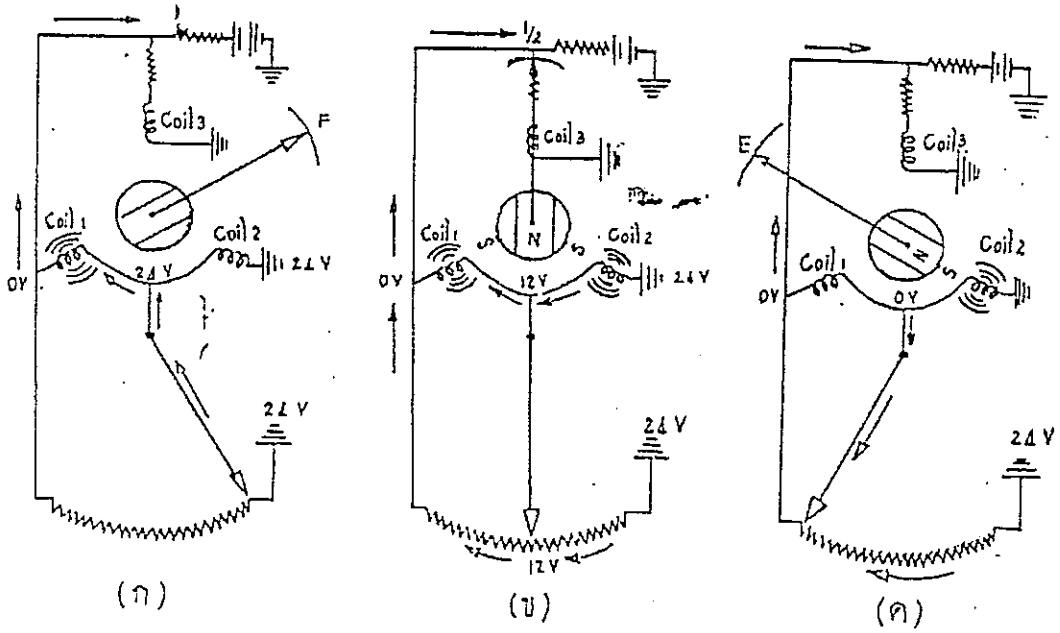
ถ้าระบบออกแบบให้วัดจำนวนเชื้อเพลิงแต่ละถังก็จะใช้ TANK UNIT ๑ ตัวติดตั้งกับถังแต่ละถังแล้วแยกกันต่อไปยังเครื่องวัด แต่ถ้าถังเชื้อเพลิงใหญ่มากหรือมีรูปร่างที่ผิดธรรมดาซึ่งลูกลอยของ TANK UNIT ตัวเดียวไม่สามารถจะเคลื่อนที่จากส่วนบนมายังส่วนล่างสุดได้ในกรณีเช่นนี้จำเป็นจะต้องมี TANK UNIT ๒ หรือ ๓ ตัวต่อรวมกันและติดตั้งอยู่ภายในถังเชื้อเพลิง การต่อของ TANK UNIT นี้เรียกว่า "STEP SYSTEM" TANK UNIT อาจจะต่อรวมกันเพื่อให้ชี้แสดงเชื้อเพลิงทั้งหมดของถังหลายถัง การต่อของ TANK UNIT แบบนี้เรียกว่า "TOTALIZER" ภายในระบบการวัดจำนวนเชื้อเพลิงนี้เราอาจจะประกอบวงจรไฟฟ้าเพื่อใช้เตือนให้ทราบถึงขีดระดับของจำนวนเชื้อเพลิงที่จะต่ำเกินเกณฑ์กำหนด

<u>การวัดจำนวนเชื้อเพลิงของถังเดี่ยว</u>

เครื่องวัดที่ใช้วัดจำนวนเชื้อเพลิงของถังเดี่ยวที่ใช้กันอยู่เป็นเครื่องวัดที่มีระยะสเกล ๙๐° , ๑๒๐° หรือ ๓๐๐° โครงสร้างของเครื่องวัดชนิดสเกล ๓๐๐° แตกต่างจาก ๒ แบบแรกเล็กน้อยแต่มีหลักการทำงานคล้ายกันมาก แบบที่มีระยะสเกล ๙๐° , และ ๑๒๐° , มีชื่อเรียกว่า แบบระบบ TWO – WIRE ส่วนแบบที่มีระยะสเกล ๓๐๐° มีชื่อเรียกว่าแบบระบบ THREE – WIRE ตามรูปแสดงการทำงานของระบบชนิดใช้เครื่องวัดที่มีระยะสเกล ๙๐° และ ๑๒๐°

เครื่องวัดเป็นแบบ RATIOMETER ต่ออยู่กับ TRANSMITTER ซึ่งประกอบด้วยแผ่นความต้านทานและคันกรีด เข็มชี้ยึดติดกับโรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวร ตัวโรเตอร์มีขดลวด ๓ ขด อยู่ล้อมรอบ COIL 1 และ COIL 2 เป็นตัวที่จะทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ COIL 3 เป็นตัวที่ใช้บังคับระยะการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ว่าจะให้เคลื่อนที่ได้ ๙๐ องศา หรือ ๑๒๐ องศา แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของคันกรีดของ

TRANSMITTER จะถูกส่งไปยัง COIL1 และ COIL 2 ของเครื่องวัดและในเมื่อกระแสไฟไหลผ่านขดลวดก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในแต่ละขดลวด ผลลัพธ์ของสนามแม่เหล็กก็จะกระทำต่อโรเตอร์ทำให้โรเตอร์จัดตัวของมันให้อยู่ตามแนวของสนามแม่เหล็กนี้ เข็มชี้ซึ่งมีแกนยึดติดกับโรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปบนสเกลหน้าปัทม์



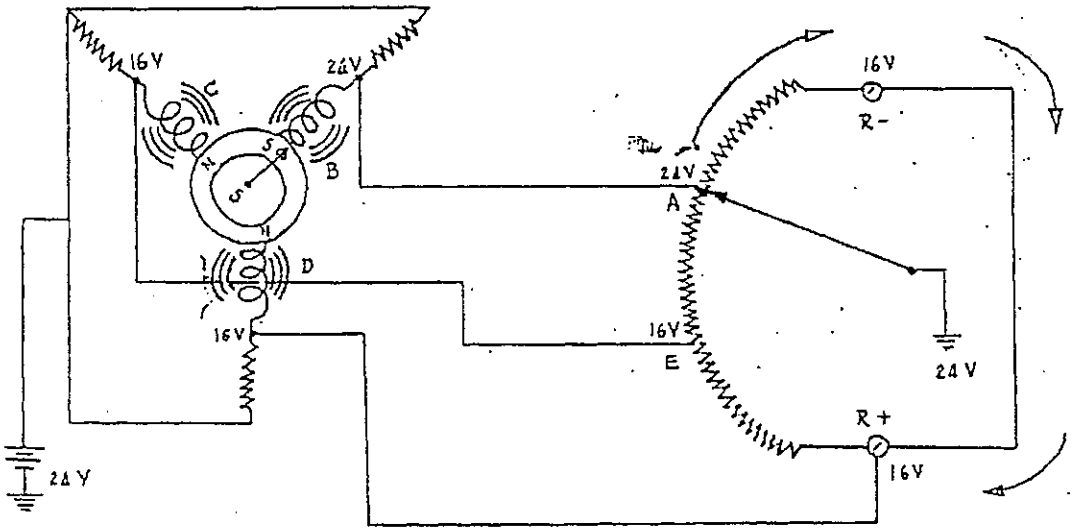
ตามรูป ก. สมมุติว่าลูกลอยอยู่ที่ตำแหน่งซึ่งทำให้คันกรีดของ TRANSMITTER อยู่ที่ตำแหน่งขวาสุดที่จุดนี้ WIPER จะได้รับกำลังไฟ ๒๔ โวลต์ จากแผ่นความต้านทานและกำลังไฟนี้จะถูกส่งไปยังจุด A ซึ่งอยู่ระหว่าง COIL 1 และ COIL 2 ในที่นี้จะเห็นได้ว่าศักย์ที่ปลายทั้งสองข้าง COIL 2 เท่ากัน (๒๔ โวลต์) ฉะนั้นจะไม่มีกระแสไหลผ่าน COIL นี้ส่วนที่ COIL 1 ปลายข้างหนึ่งของขดลวดมีศักย์ ๒๔ โวลต์ และอีกปลายหนึ่งมีศักย์ ๐ โวลต์กระแสไหลผ่าน COIL 1 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจาก COIL 1 จะทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่ไปอยู่ที่ตำแหน่ง "FULL"

ตามรูป ข. WIPER อยู่ที่กึ่งกลางของแผ่นความต้านทานศักย์ที่เกิดขึ้นที่ COIL ทั้งสองเท่ากัน ดังนั้นกระแสที่ไกลผ่าน COIL ทั้งสองก็จะเท่ากัน ผลลัพธ์ของสนามแม่เหล็กของแต่ละขดลวดจะกระทำต่อโรเตอร์ด้วยแรงที่เท่ากัน ซึ่งจะเป็นเหตุให้เข็มอ่านที่จุดกึ่งกลางของสเกลหน้าปัทม์

ตามรูป ค.เมื่อ WIPER เคลื่อนที่ไปทางซ้ายสุดของแผ่นความต้านทาน แรงเคลื่อนที่จุด A จะเป็นศูนย์ ฉะนั้น COIL 1 จะไม่มีกระแสไหลผ่านกระแสไฟทั้งหมดจะไหลผ่าน COIL 2 เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่พาเข็มชี้ไปชี้แสดงที่ตำแหน่ง "EMPTY" ตลอดเวลาการทำงานของระบบนี้ COIL 3 หรือ SCALE CONTROL COIL จะมีกระแสไหลผ่านด้วยจำนวนคงที่ตลอดเวลา ถ้า COIL นี้ต่อกับวงจรในลักษณะที่จะทำให้ขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นดูดกับขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ เข็มชี้ก็จะเคลื่อนที่ได้เพียงระยะ

๙๐ องศา ถ้าต่อกลับขั้วกันเสียขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจาก COIL 3 จะผลักกับขั้วแม่เหล็กโรเตอร์ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปได้ระยะ 120 องศาความต้านทานที่อยู่เหนือ SCALE CONTROL COIL ใช้สำหรับการปรับแก้ความต้านทานอีกตัวหนึ่ง (R_2) เป็นตัวจำกัดแรงเคลื่อนที่จะเข้า COIL และเพื่อป้องกันการชำรุดในเมื่อ TRANSMITTER เกิดการลัดวงจร

<u>เครื่องวัดชนิดระยะเสกล ๓๐๐ องศาหรือแบบ TREE - WIRE</u>



กลไกของเครื่องวัดแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับชนิดระยะสเกล ๙๐ และ ๑๒๐ องศาดังที่ได้อธิบายมาแล้ว ต่างกันที่ไม่มี SCALE CONTROL COIL สำหรับบังคับระยะการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ ขดลวดทั้งสามขดซึ่งอยู่ล้อมรอบโรเตอร์จะถูกใช้ในการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ ฉะนั้นนั้นเข็มชี้จะเคลื่อนที่ได้โดยไม่มีขีดจำกัด ในทางปฏิบัติระยะการเคลื่อนที่ของเข็มจะถูกจำกัดที่ ๓๐๐ องศาทั้งนี้เพราะในการสร้าง TRANSMITTER กลไกของ TRANSMITTER เคลื่อนที่ได้ในขีดจำกัด

TANK UNIT ของเครื่องวัดแบบนี้จะต่างกว่าแบบระยะสเกล ๙๐, ๑๒๐ องศา โดยมีวงจรทางไฟ ดังรูปข้างบน ที่แผ่นความต้านทานจะมีปุ่ม TAP 2 ปุ่ม ศักย์ไฟฟ้าของแต่ละ TAP จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแผ่นกรีด แรงเคลื่อนจาก TRANSMITTER จะถูกส่งไปยังขดลวดทั้งสามของเครื่องวัดซึ่งจะมีกระแสไหลผ่านขดลวดเป็นปฏิภาคกับแรงเคลื่อนที่ถูกส่งเข้ามา ผลลัพธ์ของสนามแม่เหล็กจะเป็นสิ่งที่บังคับตำแหน่งของโรเตอร์

WIPER อยู่ที่ตำแหน่งตามรูป ในขั้นแรกเราจะต้องสังเกตว่ากำลังไฟของระบบที่ส่งไปยัง WIPER ของ TANK UNIT และกระแสใด ๆ ที่ไหลในวงจรจะต้องไหลผ่านเข้าเครื่องวัดก่อนที่จะกลับมาครบวงจร

จากขั้วลบศักย์ ๒๔ โวลต์จะถูกส่งไปเข้า WIPER จุดที่ WIPER แตะแผ่นความต้านทานจะมีศักย์ ๒๔ โวลต์ ก่อนอื่นเรามาพิจารณาศักย์ตกที่เกิดขึ้นที่แผ่นความต้านทาน จะเห็นว่าที่จุด A มีศักย์ ๒๔ โวลต์ ที่จุด E และสลักเกลียว R- มีศักย์ ๑๖ โวลต์ และที่สลักเกลียว R+ ก็มีศักย์ ๑๖ โวลต์ เพราะ R- 1

และ R+ ต่อถึงกัน จากนี้เราก็จะทราบศักย์ที่ปลายขดลวดแต่ละขดของเครื่องวัด คือที่ปลายขดลวดของ COIL C.และ COIL D. จะมีศักย์ ๑๖ โวลต์ ส่วนที่ปลาย COIL B. จะมีศักย์ ๒๔ โวลต์ระหว่าง COIL C. กับ COIL D. ไม่มีความต่างศักย์ ฉะนั้นจะไม่มีกระแสไหลผ่านระหว่าง COIL ทั้งสอง แต่เรามีกระแสไหลจากศักย์ที่สูงไปยังศักย์ที่ต่ำกว่าผ่าน COIL B. ไปยัง COIL C. และผ่านจาก COIL B. ไปยัง COIL D. ดังนั้นผลลัพธ์ก็จะเป็นว่าเรามี สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มมากรอบ COIL B. ในเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอีก 2 COIL เพราะฉะนั้นแม่เหล็กถาวรของโรเตอร์ก็จะจัดตัวของมันเองให้อยู่ตามแนวกับสนามแม่เหล็กของ COIL B. ขณะที่ระดับของเชื้อเพลิงเปลี่ยนไป WIPER ก็จะเคลื่อนที่เป็นเหตุให้กระแสที่ไหลในแต่ละขดลวดเปลี่ยนแปลง

เนื่องจากความเข้มของสนามแม่เหล็กรอบขดลวดขึ้นอยู่กับจำนวนของกระแสที่ไหลผ่าน ฉะนั้นตำแหน่งของโรเตอร์จะเปลี่ยนไปตามการเคลื่อนที่ของแห่นกรีด การปรับความคลาดเคลื่อนที่ตำแหน่ง EMPTY และ FULL ทำได้ที่ตำแหน่งเดียวกันและในวิธีเดียวกันกับ TANK UNIT ของระบบชนิด TWO - WIRE และนอกจากการปรับอย่างละเอียดเหล่านี้แล้ว ยังมีวิธีสำหรับการปรับระยะอย่างหยาบและการปรับการคลาดเคลื่อนที่ตำแหน่งกึ่งกลาง

ที่ FORK ARM ASAY (SLOTTED) ตามรูปสลักเกลียวสามารถคลายให้หลวมและเคลื่อน LINKAGE เพื่อการปรับแก้ระยะที่คลาดเคลื่อนมาก ๆ ความคลาดเคลื่อนอีกอันหนึ่งต้องทำความเข้าใจก็คือความคลาดเคลื่อน "CENTERING" หรือ "CURVE" เครื่องวัดที่มีความคลาดเคลื่อนนี้อยู่แต่เข็มชี้ของเครื่องวัดนี้อาจจะชี้ความถูกต้องแน่นนอนที่ตำแหน่ง "FULL" และ "EMPTY" แต่มีความคลาดเคลื่อนที่ระยะจุดกึ่งกลางการที่จะแก้ความคลาดเคลื่อนนี้ทำได้โดยปรับตำแหน่งของ WIPER บนแผ่นความต้านทานใหม่โดยใช้นิ้วมือหมุน WIPER ที่ FRICTION ADJUSTMENT

ระวังอย่าให้ WIPER งอเพราะการดัด WIPER อาจจะเป็นสาเหตุทำให้วงจรไฟฟ้าระหว่างแผ่นความต้านทานกับ WIPER เปิด

การปรับส่วนภายนอกของ TANK UNIT ที่ยอมให้ทำได้ก็คือการปรับระยะของการเคลื่อนตัวของลูกลอย (THE RANGE OF FLOAT MOVEMENT) มุมระหว่าง FLOAT ARM และ LINKAGE สามารถจะปรับได้ในทางกล ดังนั้น TANK UNIT อันหนึ่งจึงอาจจะใช้ได้กับถังบรรจุที่มีขนาดและแบบแตกต่างออกไป ภายหลังที่ได้ทำการปรับแล้วจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงการปรับนี้เว้นไว้เสียแต่ว่าระยะการคลาดเคลื่อนของลูกลอยจำเป็นจะต้องเปลี่ยนแปลงไป

<u>การวินิจฉัยข้อขัดข้องของระบบ TWO - WIRE</u>

ถึงแม้ว่าการวินิจฉัยข้อขัดข้องระบบนี้จะดูว่าง่ายมากเพราะวงจรทางไฟเป็นไปอย่างง่าย ๆ แต่เราก็ควรจะรู้จุดสำคัญ ๆ ที่ทำให้ระบบเกิดการขัดข้อง

ถ้าระบบไม่ทำงานเพราะไม่มีกำลังไฟ เครื่องวัดจะแสดงให้เห็นข้อขัดข้องนี้โดยทันที เข็มชี้จะแสดงอยู่นอกระยะสเกลต่ำกว่าตำแหน่ง "EMPTY" แม่เหล็กเล็ก ๆ ที่ประกอบอยู่ใกล้โรเตอร์จะทำให้เข็มชี้ชี้นอก

ระยะสเกลเมื่อกำลังไฟไม่ถูกใช้ ดูรูปวงจรของระบบนี้ท่านจะเห็นว่าเมื่อไม่มีกำลังไฟเข้าระบบ โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรก็จะไม่ถูกบังคับให้เคลื่อนที่โดย DEFLECTION COIL

เมื่อทราบว่าไม่มีกำลังไฟให้ตรวจฟิวส์ ถ้าฟิวส์อยู่ในสภาพเรียบร้อยและตรวจสายไฟฟ้าโดยวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้วย VOLTMETER ถ้าปรากฏว่าไม่มีไฟให้ตรวจขั้วไฟฟ้าและสายไฟ

ข้อขัดข้องที่พบมากที่สุดของระบบนี้ก็คือ WIPER ไม่แตะกับขดลวดความต้านทานเนื่องจากมีฝุ่นละอองจับหรือเกิดการผุกร่อนซึ่งเราจะทราบได้ว่า WIPER ไม่แตะกับขดลวดความต้านทานโดยเข็มชี้ชี้แสดงที่จุดกึ่งกลางของระยะสเกล ตามรูปของระบบจะเห็นว่าถ้าไม่มีกระแสไหลผ่านคันกรีดก็จะทำให้ศักย์ตกที่ COIL 1 และ COIL 2 เท่ากันเป็นผลให้เข็มชี้ชี้ที่ระยะกึ่งกลางสเกล การตรวจให้ตรวจความเรียบร้อยของสายไฟระหว่าง WIPER กับเครื่องวัด ถ้าสายเรียบร้อยให้เปิดฝาครอบ TRANSMITTER ตรวจดูจุดที่เป็นสนิมของขดลวดความต้านทานและฝุ่นละอองที่ WIPER ถ้าขดลวดความต้านทานเป็นสนิมจะต้องเปลี่ยน แต่ถ้าเพียงสกปรกก็ให้ทำความสะอาด

เพื่อป้องกันมิให้ MULTIMETER ชำรุดในระหว่างการตรวจสอบจะต้องดูให้แน่ใจว่าไม่มีกำลังไฟฟ้าเข้ามาในระบบ

ถ้าข้อขัดข้องเนื่องมาจากแรงกดของ WIPER ให้ปรับ WIPER ตามหนังสือคู่มือของ TRANSMITTER แบบนั้น ๆ เพราะถ้า WIPER มีแรงกดมากเกินไปก็จะเป็นเหตุทำให้ขดลวดความต้านทานสึกเร็ว ถ้าแรงกดน้อยเกินไปก็จะทำให้วงจรเปิด

WIPER อาจจะเกิดลัดวงจรกับ GROUND เข็มชี้จะชี้ตรงกันข้ามกับเมื่อวงจรเปิด โดยจะปรากฏว่าเข็มชี้ที่ตำแหน่ง "FULL" เพราะกระแสทั้งหมดไหลผ่าน COIL 1 ไม่มีกระแสไหลผ่าน COIL 2

ถ้าเข็มชี้ไม่แน่นอนสาเหตุอันนี้จะเนื่องมาจากแผ่นขดลวดความต้านทานสกปรก เข็มชี้จะชี้ถูกต้องแน่นอนในขณะที่ WIPER แตะกับขดลวดความต้านทาน แต่เมื่อ WIPER เคลื่อนที่มาแตะจุดที่สกปรกของขดลวดความต้านทานก็จะทำให้วงจรของ WIPER ขาด เข็มชี้จะชี้ที่กึ่งกลางสเกลและเมื่อ WIPER เคลื่อนที่ผ่านจุดนี้ไป WIPER แตะกับขดลวดความต้านทานมีกระแสไฟไหลผ่าน WIPER เครื่องวัดก็จะกลับมาชี้ถูกต้องอีก ซึ่งถ้าขดลวดความต้านทานมีจุดสกปรกมากเครื่องวัดก็จะชี้แสดงไม่แน่นอนยิ่งขึ้นการทำความสะอาดขดลวดต้านทานให้ทำด้วยความระมัดระวังอย่าใช้ผ้าทรายขัดเพราะจะทำให้ VARNISH ที่เคลือบแผ่นขดลวดความต้านหลุดออก

<u>การวินิจฉัยข้อขัดข้องของระบบ THREE – WIRE</u> นอกจากจะเป็นเป็นไปตามระบบ TWO – WIRE แล้วยังมีข้อแตกต่างกันเนื่องจากวงจรทางไฟของเครื่องวัดผิดกัน จึงมีข้อที่ควรทราบตามตารางข้างล่างนี้

ข้อขัดข้อง	สาเหตุที่อาจเป็นไปได้	การแก้ไข
เข็มชี้นอกระยะสเกล	ไม่มีกำลังไฟเข้าเนื่องจากฟิวส์ขาดหรือ CIRCUIT BREAKER เปิดไม่มีกำลังไฟผ่าน WIPER	ตรวจตำแหน่งที่ WIPER เปลี่ยนฟิวส์หรือปรับตั้ง CIRCUIT BREAKER ใหม่เปลี่ยนสายที่ต่อระหว่าง WIPER กับเครื่องวัด ปรับแรงกดของ WIPER
เข็มชี้ไม่แน่นอน	ขดลวดความต้านทานสกปรก	ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนขดลวดความต้านทานหรือเปลี่ยน TANK UNIT
เข็มชี้ไม่ชี้ต่ำกว่าสุดสเกลเมื่อกำลังไฟอยู่ที่ตำแหน่ง "OFF"	แม่เหล็กอ่อน	เปลี่ยนเครื่องวัดใหม่

๒. ระบบเครื่องวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบ CAPACITANCE

ระบบการวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบ CAPACITANCE เป็นระบบที่มี ELECTRONIC เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ให้ความแน่นอนกว่าระบบการวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบลูกลอย เพราะระยะสูงของ บ. ที่ทำการบินอยู่ไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อการทำงานของระบบ โดยทั่ว ๆ ไปเครื่องวัดอ่านจำนวนเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในถังเชื้อเพลิงเป็นน้ำหนักไม่มีลูกลอยสำหรับวัดจำนวนเชื้อเพลิงในถัง แต่ใช้ TANK UNIT ซึ่งทำหน้าที่เป็น CONDENSER แทนเนื่องจากค่าของ DIELECTRIC ของเชื้อเพลิงจะมีค่าคงที่เป็น ๒ ที่อุณหภูมิ ๗๗° F และค่าของ DIELECTRIC ของส่วนผสมของอากาศกับไอเชื้อเพลิงจะมีค่าคงที่เป็น ๑ ฉะนั้นค่า CAPACITANCE ของ CONDENSER จะเปลี่ยนแปลงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับจำนวนเชื้อเพลิงที่อยู่ในถัง ค่า CAPACITANCE ของ CONDENSER ขึ้นอยู่กับสิ่ง ๓ สิ่ง คือ

๑. พื้นที่ของหน้าแผ่น PLATE แต่ละอัน

๒. ระยะห่างระหว่าง PLATE

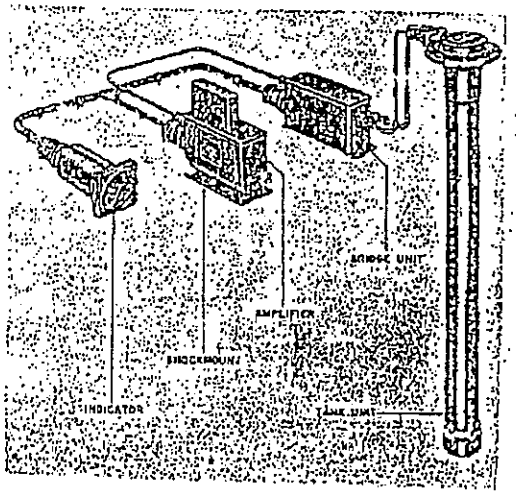
๓. MATERIAL ของ DIELECTRIC

จะเห็นได้ว่าที่ตัว TANK UNIT ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวได้ฉะนั้นจึงมีสิ่งเดียวเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลง คือ MATERIAL ของ DIELECTRIC ซึ่งในที่นี้ก็คือเชื้อเพลิงและอากาศซึ่งอยู่ระหว่าง PLATE ของ TANK UNIT เรานำค่า CAPACITANCE ที่เปลี่ยนแปลงไปนี้มาอำนวยให้ระบบทำงานและขีดสเกลหน้าปัดของเครื่องวัดให้อ่านออกมาเป็นปอนด์หรือแกลลอน

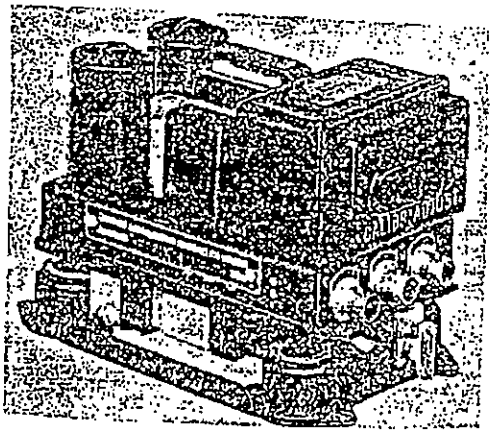
<u>ส่วนประกอบ</u> ประกอบด้วย เครื่องวัด, TANK UNIT, BRIDGE UNIT และ AMPLIFIER

<u>เครื่องวัด</u> ประกอบด้วย SERVO MOTOR ชนิด 2 PHASE 1 ตัว, เฟืองทด, POTENTIOMETER, หน้าปัดและเข็มชี้ โมเตอร์ของเครื่องวัดจะขับเคลื่อนเข็มชี้และ POTENTIOMETER WIPER โดยผ่านเฟืองทดซึ่งมี REDUCTION RATIO 7745:1 CONTROL PHASE ของ TWO-MOTOR ได้รับกำลังไฟฟ้าจาก PHASE SENSITIVE AMPLIFIER ส่วน LINE PHASE ของโมเตอร์ได้รับกำลังไฟจาก TRANSFORMER ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ BRIDGE UNIT ความสัมพันธ์ของ PHASE ระหว่าง LINE PHASE และ CONTROL PHASE จะเป็นตัวกำหนดทิศทางและระยะการเคลื่อนที่ของเข็มชี้เนื่องจากเรโชของเฟืองทดสูงมาก ฉะนั้นเข็มชี้เคลื่อนที่ไปเพียง ๐.๐๔๖๕ องศา ต่อการหมุนของโมเตอร์ ๑ รอบ โดยเหตุนี้เข็มชี้จะชี้ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อเพลิงโดยไม่คำนึงถึงการกระเพื่อมของเชื้อเพลิงในถังระหว่างทำการบิน

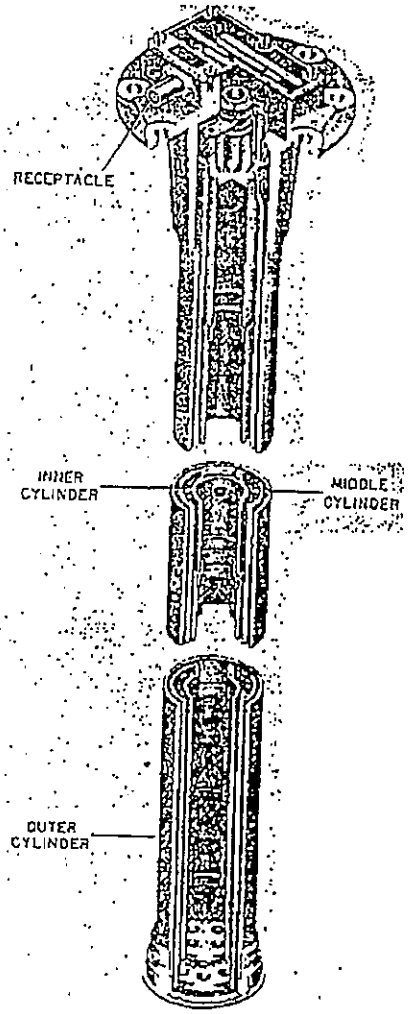
สเกลหน้าปัดของเครื่องวัดจะขีดแบ่งให้อ่านเป็นปอนด์หรือแกลลอน เครื่องวัดอาจจะสร้างเป็นแบบให้ชี้แสดงจำนวนเชื้อเพลิงด้วยเข็มชี้หรือแบบชี้แสดงจำนวนเชื้อเพลิงที่มีอยู่ด้วยตัวเลขหรือทั้งสองแบบรวมกันก็ได้ เครื่องวัดเรือนหนึ่งออกแบบให้ใช้กับ TANK UNIT อันหนึ่งจะนำมาสับเปลี่ยนใช้แทนกันไม่ได้



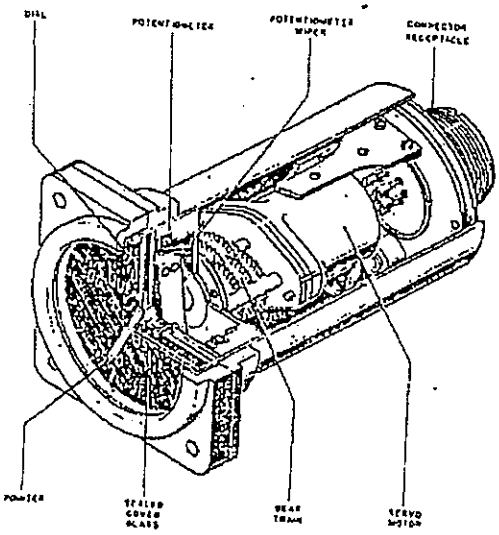
Basic Capacitor Fuel Quantity Gage System.



Typical M/H Power Unit.



Typical Tank Unit, Cutaway View.



Typical Indicator, Cutaway View.

ปุ่ม (TEST BUTTON) ที่ติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัดตรงหน้าตัวเรือนเครื่องวัด ติดตั้งไว้เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ เมื่อกดปุ่มลงไปจะทำให้วงจร BRIDGE ไม่ได้ดุลและจะกลับได้ดุลเมื่อเข็มชี้หมุนไปชี้แสดงที่ตำแหน่ง "EMPTY" เมื่อปล่อยปุ่มเข็มชี้จะหมุนเคลื่อนที่กลับมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิม

๒.๑ TANK UNIT

TANK UNIT เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดจำนวนเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในถัง ประกอบด้วยท่อกลวงรูปทรงกระบอก 3 ท่อซ้อนกัน ท่ออันในและอันกลางทำหน้าที่เป็น ELECTRODE ส่วนอันนอกทำหน้าที่เป็นโครงยึดและเป็น ELECTRIC SHIELD ที่ตอนล่างเจาะช่องไว้ให้เชื้อเพลิงผ่านเข้ามาอยู่ภายใน TANK UNIT ได้สะดวกและมีระดับเชื้อเพลิงเท่ากับภายนอก TANK UNIT (เท่ากับระดับเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในถัง) การเปลี่ยนแปลงของระดับเชื้อเพลิงจะเป็นเหตุให้ค่า DIELECTRIC (ประกอบด้วยส่วนเชื้อเพลิงและส่วนอากาศ) ระหว่างท่ออันในและท่ออันกลางเปลี่ยนแปลง ตอนบนของ TANK UNIT เป็นหน้าแปลนซึ่งจะยึดกับถังเชื้อเพลิงโดยแป้นเกลียว ในการติดตั้ง TANK UNIT จะติดตั้งโดยจุ่มลงไปหาส่วนที่ลึกที่สุดของถัง

ข้อต่อไฟฟ้าจากตัว ELECTRODE ของ CAPACITOR จะบัดกรีอยู่กับ RECEPTACLE ที่ติดตั้งอยู่ตอนบนของ TANK UNIT อุปกรณ์นี้จะถูกออกแบบให้ทำงานที่มีความต่างศักย์ต่ำมาก ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยจากอันตรายซึ่งจะเกิดจากประกายไฟที่อาจจะเกิดขึ้นได้

ในทางปฏิบัติถังเชื้อเพลิงแต่ละถังประกอบด้วย TANK UNIT มากกว่า ๑ อัน สมมุติว่าออกแบบหรือกำหนดให้ใช้ ๓ อัน TANK UNIT ที่ติดตั้งอยู่ในถังเชื้อเพลิงเดียวกันนี้จะต่อกันอยู่แบบขนานซึ่งค่าของ CAPACITOR จะเพิ่มมากขึ้น (การต่อ CONDENSER แบบขนาน ค่า $C = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots$) และเปลี่ยนแปลงไปตามค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อเพลิง

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นระดับเชื้อเพลิงภายในถังจะสูงขึ้นแต่ในขณะเดียวกันค่า DIELECTRIC จะลดลงเพราะความแน่นของเชื้อเพลิงน้อย ทำให้ CAPACITY ของ TANK UNIT คงที่เครื่องวัดจะชี้แสดงน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่มีอยู่โดยถูกต้อง

๒.๒ BRIDGE UNIT

BRIDGE UNIT หรือมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า POWER CALIBRATION UNIT (PCU) ต่ออยู่โดยตรงกับ AMPLIFIER, BRIDGE UNIT ประกอบอยู่ในตัวเรือน อล. และติดตั้งอยู่กับ บ. ที่ตำบลซึ่งบริษัทผู้สร้าง บ. ได้กำหนดไว้ ส่วนประกอบที่สำคัญของ BRIDGE UNIT ก็คือ TRANSFORMER สลักเกลียวปรับ POTENTIOMETER ๒ ตัว (FULL และ EMPTY) ความต้านทานที่มีค่าคงที่ และ REFERENCE CONDENSER เป็นชนิดขาเลียบซึ่งค่า CAPACITANCE ของ CONDENSER ที่จะนำมาใช้ขึ้นอยู่กับระบบของเครื่องวัดเชื้อเพลิงที่ต้องการใช้ ฉะนั้นเราสามารถนำ BRIDGE UNIT มาใช้งานได้กับเครื่องวัดแบบนี้ได้ทุกระบบโดยเพียงแต่เปลี่ยน REFERENCE CONDENSER เท่านั้น

TRANSFORMER ซึ่งติดตั้งอยู่จะทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนที่ใช้กับวงจร BRIDGE และจ่ายแรงเคลื่อนไปจุดไส้หลอดวิทยุซึ่งติดตั้งอยู่กับ AMPLIFIER ขา ๒ ขาของวงจร BRIDGE ต่ออยู่กับสาย SECONDARY ของ TRANSFORMER ขาที่สามต่อกับ TANK UNIT ซึ่งทำหน้าที่เป็น CONDENSER ขาที่ ๔ ซึ่งประกอบด้วย REFERENCE CONDENSER กับ BALANCING VOLTAGE จะต่ออยู่กับเครื่องวัดแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากวงจร BRIDGE ไม่ได้ดุลจะถูกส่งไปยัง AMPLIFIER และจะชี้แสดงค่าให้ทราบโดยเข็มชี้ของเครื่องวัดสลักเกลียวปรับ "EMPTY" และ "FULL" มีไว้เพียงการปรับแก้การชี้แสดงของระบบที่ตำแหน่ง "EMPTY" และตำแหน่ง "FULL"

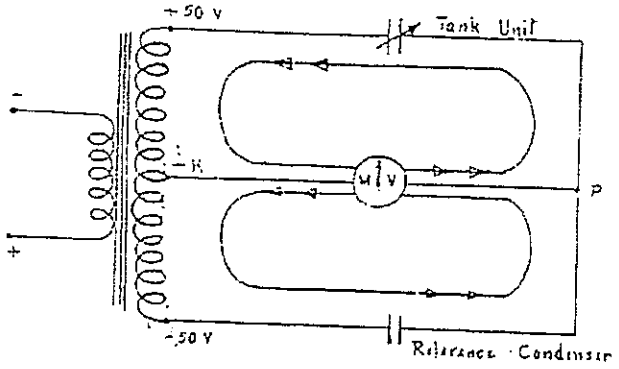
๒.๓ AMPLIFIER

AMPLIFIER ประกอบด้วยหลอด TWO– TRIODE VOLTAGE AMPLIFIER ๑ หลอด หลอด BEAM POWER หลอด หลอด RECTIFIER หลอด OUTPUT TRANSFORMER ๑ ตัว และวงจร ELECTRONIC ส่วนประกอบทั้งหมดบรรจุอยู่ภายในตัวเรือน อล. ซึ่งมีฝาปิดยึดอยู่โดยสลักเกลียว DZUS FASTENER ๒ ตัว โดยปกติติดตั้งอยู่ใกล้กับ BRIDGE UNIT มีข้อต่อแบบ COAXIAL ยึดอยู่กับด้านหนึ่งของตัวเรือนเพื่อต่อเชื่อมวงจร OUTPUT VOLTAGE ของ BRIDGE UNIT กับ INPUT ของวงจร AMPLIFIER และมีข้อต่อไฟฟ้า RECEPTACLE ชนิด ๕ ขา ติดตั้งอยู่ที่กึ่งกลางตัวเรือนได้ COAXIAL RECEPTACLE

AMPLIFIER เป็นอุปกรณ์อย่างเดียวของระบบนี้ ที่สามารถจะนำมาใช้แทนกันได้โดยไม่จำเป็นต้องทำการปรับแก้ใด ๆ ทั้งสิ้น AMPLIFIER จะต้องติดตั้งอยู่บนฐานกันสะเทือน (SHOCK MOUNT) ฐานรองของ SHOCK LOUNT จะยึดกับโครงลำตัวของ บ.โดยแป้นเกลียวหรือสลักเกลียว ส่วนฐานของ AMPLIFIER จะยึดอยู่กับแท่นของ SHOCK MOUNT โดย RUBBER CUSHION ๔ ตัว LOCATING PIN ๒ ตัวซึ่งอยู่บน LEAF SPRING ที่ด้านหลังของตัวเรือน AMPLIFIER จะทำหน้าที่ยึดอยู่กับ BRACKER ที่ด้านหลังของ SHOCK MOUN,SLIDE FASTENER ทางด้านหน้าของ AMPLIFER ยึดอยู่กับ PIN ซึ่งติดแน่นอยู่กับ SHOCK MOUNT เพื่อให้การยึดแน่นขึ้น

<u>หลักการทำงาน</u> ระบบการวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบนี้ทำงานโดยหลักเบื้องต้นของคุณสมบัติ DIELECTRIC ของเชื้อเพลิงซึ่งจะเปลี่ยนค่า CAPACITANCE ระหว่าง ELECTRODE ๒ อันที่ประกอบอยู่ใน TANK UNIT ซึ่งติดตั้งอยู่กับถึงเชื้อเพลิง ค่า CAPACITANCE จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับน้ำหนักของเชื้อเพลิงภายในถัง

ค่า CAPACITANCE ของ TANK UNIT จะถูกวัดโดยวงจร CAPACITANCE BRIDGE ทั้งนี้โดยการเปรียบเทียบค่า CAPACITANCE ของ TANK UNIT กับ CAPACITANCE ที่รู้ค่า (REFERENCE CONDENSER) วงจร CAPACITANCE BRIDGE ง่าย ๆ ประกอบด้วย TANK UNIT และ REFERENCE CAPACITOR ต่อกันอยู่แบบอันดับปลายของขดลวด SECONDARY ของ

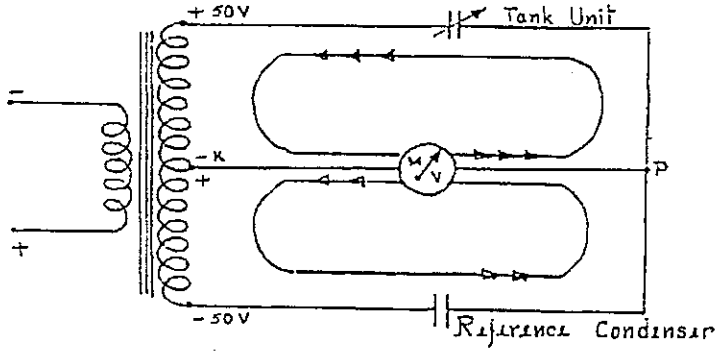


TRANSFORMER CENTER TAP จากขดลวด SECONDARY ที่จุด K จะต่อผ่าน MILLIVOLTMETER ไปยังจุด P ซึ่งอยู่ระหว่าง TANK UNIT และ REFERENCE CAPACITOR

ถ้า TANK UNIT และ REFERENCE CAPACITOR มีค่าเท่ากันและ CENTER TAP แบ่งครึ่งแรงเคลื่อนของขดลวด SECONDARY เท่า ๆ กัน แรงเคลื่อนชักนำที่เกิดขึ้นในแต่ละขาของ BRIDGE จะมีทิศทางตามลูกศรที่แสดงตามรูป เพราะว่าสายระหว่าง CENTER TAP และจุด P เป็นขารวมของ ของ BRIDGE ทั้งสอง แรงเคลื่อนที่ทั้งสองที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม ฉะนั้นจะไม่มีกระแสไฟไหลผ่านสายนี้วงจร BRIDGE จะได้ดุล

<u>การไม่ได้ดุลของวงจร BRIDGE โดยการเติมเชื้อเพลิงจะเป็นเหตุให้</u>

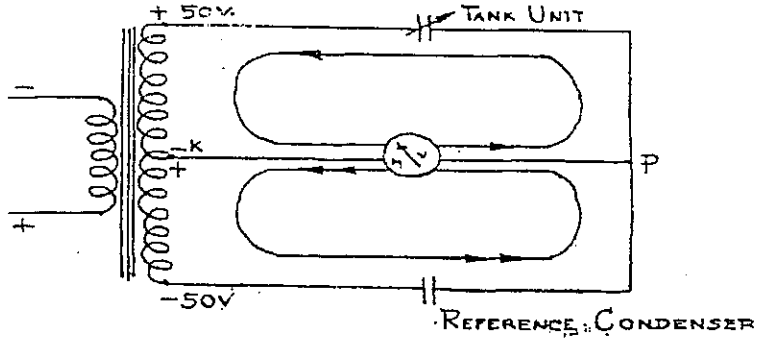
๑. ค่า CAPACITANCE ของ TANK UNIT เพิ่มขึ้น เมื่อค่า CAPACITANCE ของ CAPACITOR เพิ่มขึ้น CAPACITIVE REACTANCE (IN Ohm) จะลดลงยอมให้กระแสไหลในวงจรเพิ่มขึ้น



๒. เนื่องจากความต้านทานของ TANK UNIT ลดลงกระแสที่ไหลผ่าน TANK UNIT จะมากกว่าที่ไหลผ่าน REFERENCE CAPACITOR ฉะนั้นจะมีกระแสไหลจาก K ไปยัง P (กระแสไหลจากศักย์ต่ำไปหาศักย์สูง)

<u>การไม่ได้ดุลของวงจร BRIDGE โดยการลดเชื้อเพลิงจะเป็นเหตุให้</u>

๑. ค่า CAPACITANCE ของ TANK UNIT ลดลง เมื่อค่า CAPACITANCE ของ TANK UNIT ลดลง CAPACITIVE REACTANCE (IN OHM) จะเพิ่มขึ้นทำให้กระแสไหลในวงจรน้อยลง



๒. เนื่องจากความต้านทานของ TANK UNIT เพิ่มขึ้น กระแสที่ไหลผ่าน TANK UNIT จะน้อยกว่าที่ไหลผ่าน REFERENCE CAPACITOR ฉะนั้นจะมีกระแสไหลจาก P มายัง K และเมื่อมีกระแสไหลก็จะมีค่าต่างศักย์ระหว่างจุด K กับจุด P

<u>จากการอธิบายดังกล่าวจะสรุปได้ว่า</u>

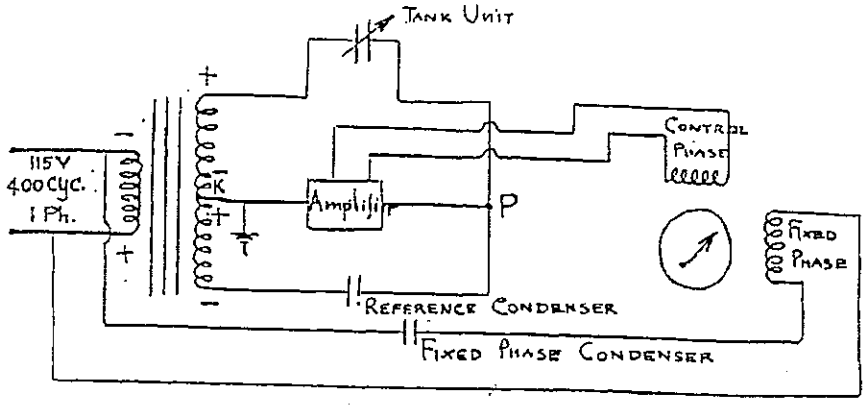
๑. วงจร BRIDGE ได้ดุล ศักย์ที่จุด K เท่ากับศักย์ที่จุด P ฉะนั้นจะไม่มี VOLTANGE SIGNAL

๒. วงจร BRIDGE ไม่ได้ดุลโดยการเติมเชื้อเพลิงศักย์ที่จุด P สูงกว่าศักย์ที่จุด K ดังนั้น VOLTAGE SIGNAL ที่เกิดขึ้นจะมีทิศทางเช่นเดียวกับขา TANK UNIT ของ BRIDGE

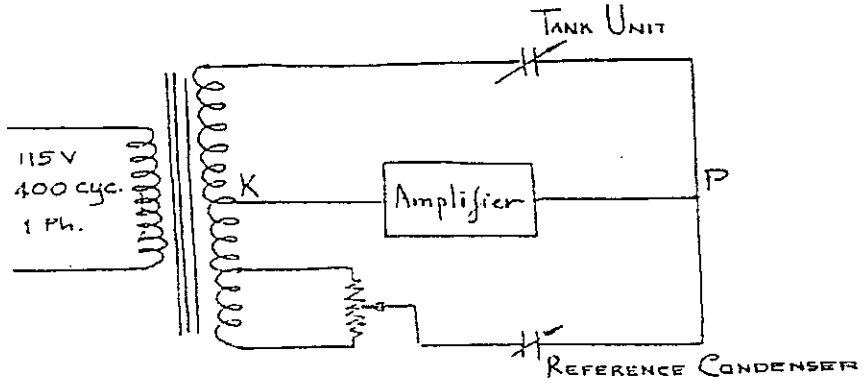
๓. วงจร BRIDGE ไม่ได้ดุลโดยการลดเชื้อเพลิง ศักย์ที่จุด K สูงกว่าศักย์ที่จุด P ดังนั้น VOLTAGE SIGNAL ที่เกิดขึ้นจะมีทิศทางเช่นเดียวกับขา REFERENCE CAPACITOR ของ BRIDGE

จากคำอธิบายข้างต้นก็คิดว่าคงจะเข้าใจการทำงานของวงจร CAPACITANCE BRIDGE ต่อจากนี้ก็จะได้อธิบายการทำงานของระบบนี้ในขั้นต่อไป

ถอด MILLIVOLT ออกจากวงจรประกอบ AMPLIFIER เข้าแทน (ระหว่างจุด K กับ P) AMPLIFIER เป็นแบบ TWO STAGE ซึ่งจะทำหน้าที่ขยาย SIGNAL ที่เกิดขึ้นเนื่องจากวงจร BRIDGE ไม่ได้ดุล PHASE ของ OUTPUT SIGNAL ที่ออกจาก AMPLIFIER จะเหมือนกับ INPUT SIGNAL ที่ได้รับจากวงจร BRIDGE OUTPUT SIGNAL จะถูกส่งไปเข้าขดลวด CONTROL PHASE ของ TWO PHASE INDUCTION MOTOR ซึ่งประกอบอยู่ภายในตัวเอนเครื่องวัด ส่วนขดลวด LINE PHASE (FIXED PHASE) ของ INDUCTION MOTOR จะได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่คงที่ซึ่ง TAP มาจากขดลวด PRIMARY ของ TRANSFORMER และโดยการประกอบ FIXED CONDENSER กับวงจรของ FIXED PHASE ฉะนั้นมุมทางไฟฟ้าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเป็น ๙๐° องศา (I LEAD E ๙๐°) ทิศทางการหมุนของโมเตอร์ขึ้นอยู่กับค่า CAPACITANCE ของ TANK UNIT ว่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง

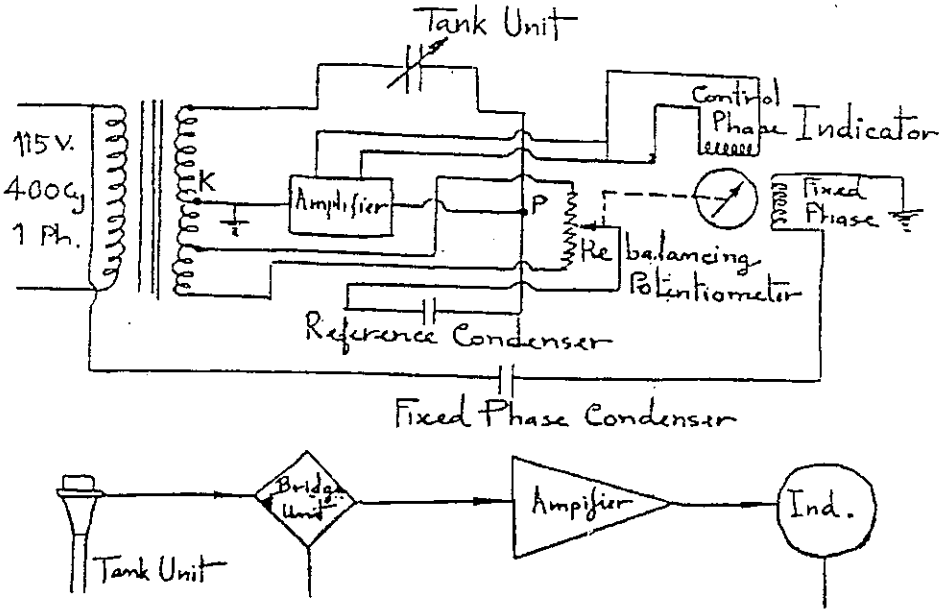


ดูตามรูปข้างบนจะเห็นได้ว่าเมื่อวงจร ไม่ได้ดุล INDUCTION MOTOR จะหมุนพาให้เข็มชี้หมุนเคลื่อนที่ไปบนสเกลหน้าปัดตลอดเวลา ฉะนั้นเราจะต้องหาวิธีใดวิธีหนึ่งทำให้ BRIDGE กลับได้ดุล ทั้งนี้ก็เพื่อให้โมเตอร์หยุดหมุนซึ่งจะทำให้เข็มชี้แสดงจำนวนเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในถัง วิธีที่ทำให้ BRIDGE กลับได้ดุลกระทำได้โดยประกอบ POTENTIONMETER กับขาของ REFERENCE CONDENSER ในวงจร BRIDGE ตามรูปข้างล่าง



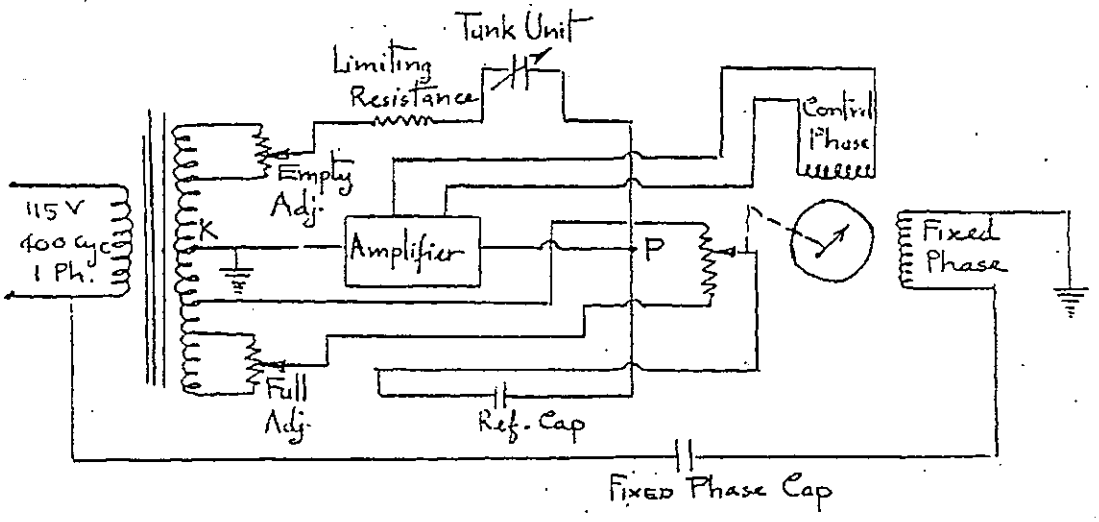
POTENTIOMETER ต่อคล่อมอยู่ระหว่างส่วนหนึ่งของขดลวด SECONDARY WIPER ต่ออยู่เป็นอันดับกับ REFERENCE CONDENSER เราจะเห็นว่าขณะที่ WIPER เคลื่อนที่จากตอนล่างขึ้นไปหาตอนบนของ POTENTIOMETER แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ REFERENCE CONDENSER จะลดลงหรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับ REFERNCE CONDENSER จะเพิ่มขึ้นในขณะที่ WIPER เคลื่อนลงจากนั้นก็จะเห็นได้ว่าเราสามารถจะบังคับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่นำมาใช้กับ REFERENCE CONDENSER ได้โดยการบังคับศักย์ที่จุด P

ในทางปฏิบัติ REBALANCING POTENTIOMETER ติดตั้งอยู่ภายในตัวเรือนเครื่องวัดกับกลไก WIPER โดยต่อกับแกนโรเตอร์ของ INDUCTION MOTOR ในการทำงาน INDUCTION MOTOR จะช่วยให้ WIPER และเข็มชี้เครื่องวัดเคลื่อนที่ในทิศทางที่จะทำให้ศักย์ระหว่างจุด K และ P เท่ากันนั้นคือการทำให้วงจร BRIDGE ได้ดุล



จากนี้ก็พอจะสรุปการทำงานของระบบได้ดังนี้ คือ การวัดจำนวนเชื้อเพลิงของระบบนี้เป็นการวัดค่า CAPACITANCE ของ TANK UNIT ซึ่งประกอบอยู่ในวงจร CAPACITANCE BRIDGE (ประกอบด้วย TANK UNIT, CONDENSER ที่มีค่าคงที่ ๑ ตัว และสายไฟซึ่งต่อจากจุดแบ่งครึ่งของขดลวด SECONDARY ของ TRANSFORMER เมื่อวงจร BRIDGE ไม่ได้ดุลโดยการเพิ่มหรือลดจำนวนเชื้อเพลิงภายในถัง VOLTAGE SIGNAL ที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยัง AMPLIFIER, VOLTAGE OUTPUT ของ AMPLIFIER จะถูกส่งไปยัง CONTROL PHASE ซึ่งจะไปบังคับให้ INDUCTION MOTOR ซึ่งประกอบอยู่ภายในเครื่องวัดทำงาน ในเวลาเดียวกับที่โมเตอร์หมุน คันกรีด (WIPER) ของ POTENTIOMETER (BAL.POT) จะหมุนตามไปด้วยทำให้วงจรได้ดุลและไม่มี VOLTAGE SIGNAL ถูกส่งไปยัง AMPLIFIER ฉะนั้นโมเตอร์จะหยุดหมุน แกนอันเดียวกันกับที่ขับเคลื่อน POTENTIOMETER WIPER จะอำนวยให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไปด้วย เมื่อโมเตอร์หยุดหมุนเข็มชี้จะชี้แสดงจำนวนเชื้อเพลิงที่มีอยู่และถ้าจำนวนเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงไปอีกก็จะทำให้เกิด VOLTAGE SIGNAL และส่งไปยัง AMPLEFIER ซึ่งจะอำนวยให้เครื่องวัดชี้แสดงจำนวนเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในขณะนั้น

ระบบการวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบนี้คงออกแบบสร้างให้สามารถปรับตั้งการอ่านของสเกลเข็มชี้ให้อ่านที่ตำแหน่ง "EMPTY" และ "FULL" เช่นเดียวกับระบบการวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบอื่น ๆ สำหรับระบบนี้มีวงจรทางไฟดังในรูป



การปรับตำแหน่ง "EMPTY" ทำได้โดยการปรับPOTENTIOMETER ซึ่งต่อคล่อมอยู่ระหว่างส่วนหนึ่งของขดลวด SECONDARY ซึ่งจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับ TANK UNIT เปลี่ยนแปลงส่วน การปรับตำแหน่ง "FULL" ทำได้โดยการปรับ POTENTIOMETER ซึ่งต่อคล่อมอยู่ระหว่างส่วนหนึ่งของขดลวด SECONDARY ซึ่งจะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับ REFERENCE CAPACITOR เปลี่ยนแปลง

บทที่ ๗
วิชา ระบบเครื่องบอกตำแหน่ง

<u>ความมุ่งหมาย</u> ระบบเครื่องบอกตำแหน่งติดตั้งกับ บ. เพื่อความมุ่งหมายที่จะให้ชี้แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ของ บ. ให้นักบินทราบว่าอยู่ที่ตำแหน่งใด เช่น ตำแหน่งของแฟลบ , ฐาน หลักการทำงานที่นำมาใช้กับระบบนี้มีอยู่ ๒ แบบ คือ

๑. โดยใช้ MICROSWITCH ให้ทำงานรวมกับ SOLONOID

๒. โดยใช้หลัก SELF – SYBNCHRONIZING ซึ่งมีชื่อเรียกว่า SELSYN หรือ LIQUIDOMETER

สำหรับในแบบแรกการชี้แสดงของเครื่องวัดจะชี้แสดงเพียง ๒ ตำแหน่งเท่านั้น ใช้ในการบอกตำแหน่งฐาน ส่วนในแบบที่สองเครื่องวัดสามารถชี้แสดงท่าหรือตำแหน่งทุกตำแหน่งของสิ่งที่ต้องการทราบโดยตลอด เช่นในการเคลื่อนที่ของแฟลบ

<u>ความหมายของคำว่า "SELSYN"</u>

เนื่องจากในการทำงานชี้ของเครื่องวัดจะหมุนไปอยู่ในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับตำแหน่งแผ่นกรีดของ TRANSMITTER ฉะนั้นระบบนี้จึงถูกเรียกว่า SELF – SYNCHRONOUS บริษัทหนึ่งได้สร้างระบบนี้ จึงใช้ย่อ SELF – SYNCHRONOUS ว่า "SELSYN " และระบบนี้ทำงานด้วยกระแสไฟตรงจึงพบว่า เรียก"DC. SELSYN" บริษัทอื่น ๆ ที่สร้างระบบเครื่องบอกตำแหน่งนี้และใช้หลัก SELF – SYNCHRONIZING เช่นเดียวกัน แต่จะมีชื่อเรียกเป็นอย่างอื่นเช่น LIQUIDOMETER เป็นต้น

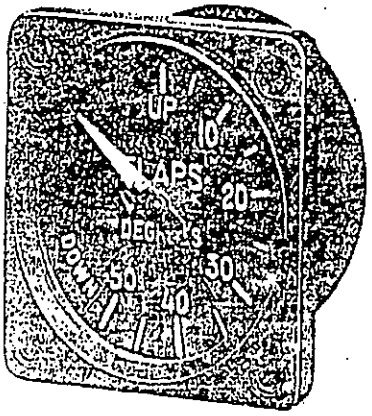
๑. ระบบเครื่องบอกตำแหน่งแบบ DC.SELSYN

TRANSMITTER ของ DC.SELSYN ก็คือ POTENTIOMETER ประกอบด้วยขดลวดความต้านทานพันอยู่บนแกนกลมมี TAP ออกมา ๓ TAP แต่ละอันอยู่ห่างกัน ๑๒๐ องศา บนลวดความต้านทานมีแผ่นกรีด ๒ อัน ติดตั้งอยู่ห่างกัน ๑๘๐ องศา แผ่นกรีดทั้งสองนี้มีฉนวนคั่นเพื่อป้องกันการลัดวงจร และจะถูกอำนวยให้เคลื่อนที่โดยการหมุนของแกน TRANSMITTER แผ่นกรีดอันหนึ่งต่อกับขั้วบวกของกำลังไฟ ส่วนอีกอันหนึ่งต่อกับขั้วลบโดยผ่านตัวเรือน

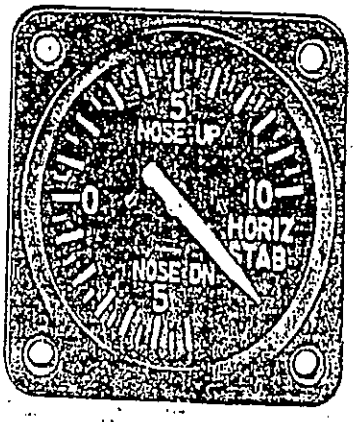
เครื่องวัดประกอบด้วยขดลวด ๓ ขด ต่อกันแบบ DELTA ยึดติดกับแกนเหล็กรูปวงแหวนและอยู่ห่างจากโรเตอร์เท่า ๆ กัน ตัวโรเตอร์เป็นแม่เหล็กรูปทรงกระบอกมีแกนของเข็มชี้ยึดติดอยู่ สายไฟที่ต่อออกมาจากระหว่างขดลวดแต่ละขดของเครื่องวัดจะต่อเข้ากับสายไฟแต่ละสายที่ออกจาก TRANSMITTER

แรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของแผ่นกรีดอำนวยมายังขดลวดของเครื่องวัดเมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กซึ่งจะอำนวยให้โรเตอร์จัดตัวของมันให้อยู่ในแนวเดียวกันกับตำแหน่งของ TRANSMITTER

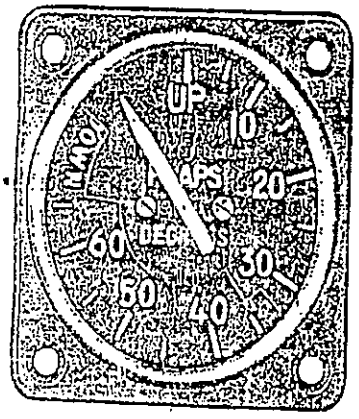
<u>การทำงาน</u> ตามรูปก่อนอื่นให้สังเกตุว่าตำแหน่งของแผ่นกรีดทั้งสองอยู่ที่ตำแหน่งซึ่งแบ่งความต้านทานออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ในแต่ละครึ่งของขดลวดความต้านทานจะมีกระแสไฟไหลจากแผ่นกรีดลบไปยังแผ่นกรีดบวก เมื่อใช้แรงเคลื่อน ๒๔ โวลต์ที่แผ่นกรีดลบ แรงเคลื่อนจะค่อย ๆ ลดลงผ่านแต่ละครึ่งของความต้านทาน



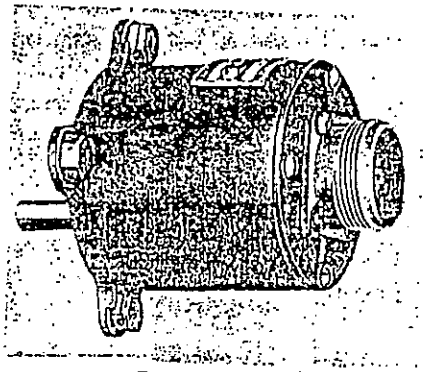
Indicators, Models 8DJ11PEZ and 8DJ11PKA



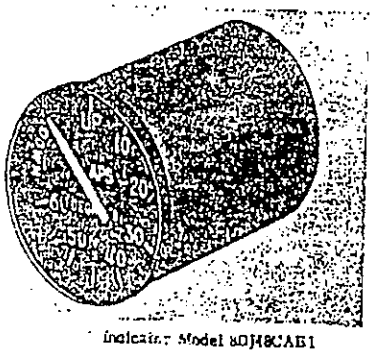
Indicator Model 8DJ48FAH



Indicator Model 8DJ48AAD

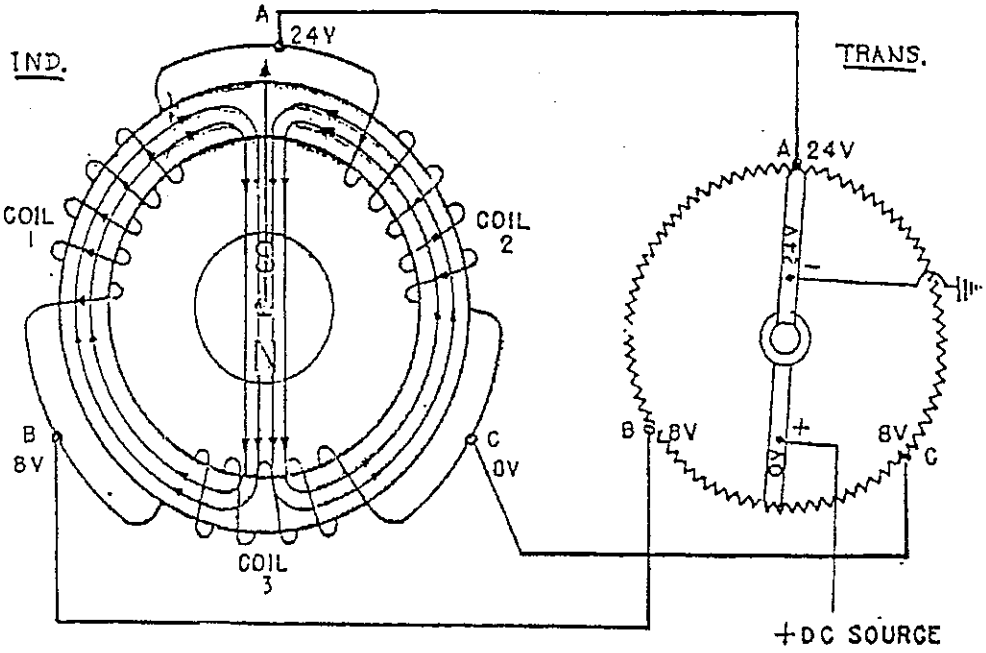


Transmitters, Models 8TJ9PEL and 8TJ9PFF



Indicator Model 8DJ48CAB1

จนกระทั่งถึงที่แผ่นกรีดบวก แรงเคลื่อนจะเป็นศูนย์ ตัวอย่างเช่นถ้าระยะห่างจากแผ่นขดลวดความต้านทานเท่ากับ ๑/๓ ศักดิ์ตกที่เกิดขึ้นก็จะเท่ากับ ๑/๓ X 24=8 โวลต์ ฉะนั้นที่จุดนั้นก็จะมีแรงเคลื่อน ๑๖ โวลต์ หรือถ้าระยะห่างจากแผ่นขดลวดความต้านทานเท่ากับ ๒/๓ ศักดิ์ตกที่เกิดขึ้นก็จะเท่ากับ ๒/๓ x ๒๔ x ๑๖ โวลต์ แรงเคลื่อนที่จุดนั้นก็จะเท่ากับ ๘ โวลต์



ตามรูปที่จุด A มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า ๒๔ โวลต์เพราะเป็นจุดที่แผ่นกรีดลบแตะกับแผ่นความต้านทาน จุด B เป็นจุดหนึ่งที่ TAP ออกมาจาก TRANSMITER มีระยะห่างจากจุด A หรือแผ่นกรีดลบ ๒/๓ ของระยะระหว่างแผ่นกรีดลบกับแผ่นกรีดบวก ฉะนั้นที่จุด B จะเกิดศักย์ตก ๒/๓ x ๒๔ แรงเคลื่อนที่จุด B จะเท่ากับ ๘ โวลต์ และในทำนองเดียวกันแรงเคลื่อนที่ C ก็จะเท่ากับ ๘ โวลต์

แรงเคลื่อนจากจุดทั้งสามของ TRANSMITER จะต่อไปเข้าขดลวดของเครื่องวัดฉะนั้นที่เครื่องวัดจุด A ก็จะมีแรงเคลื่อน ๒๔ โวลต์ จุด B ๘ โวลต์ และจุด C ๘ โวลต์ กระแสที่เครื่องวัดจะไหลจากไป B โดยผ่าน COIL ๑ และจาก A ไป C โดยผ่าน COIL 2 ไม่มีกระแสไหลผ่าน COIL ๓ เพราะไม่มีความต่างศักย์ระหว่างจุด B กับจุด C เมื่อมีกระแสไหลผ่าน COIL 1 และ COIL 2 จะทำให้ขดลวดแต่ละขดเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ขั้วของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นสามารถจะกำหนดหรือทราบได้โดยการใช้ กฎมือซ้าย

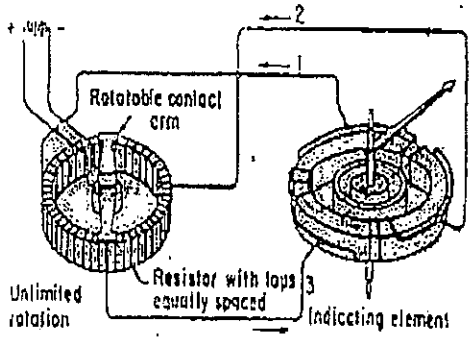
โดยคุณสมบัติเส้นแรงแม่เหล็กจะพุ่งออกจากขั้วเหนือมายังขั้วใต้ ในที่นี้จะเห็นว่าเส้นแรงแม่เหล็กจะถูกบังคับให้ออกจากแกนวงแหวนแล้วกลับมารวมกันโดยผ่านโรเตอร์เข้าแกนวงแหวนในทิศทางตรงกันข้าม เนื่องจากโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรฉะนั้นมันจะจัดตัวของมันเองให้อยู่ในทิศทางตามที่เส้นแรงของแม่เหล็กผ่านเข้าเมื่อแผ่นกรีดทั้งสองของ TRANSMITTER เคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิมก็จะให้ค่าของแรงเคลื่อนที่ถูกส่งไปยังเครื่องวัดเปลี่ยนแปลง ตัวโรเตอร์จะจัดตัวเองให้เป็นไปตามสภาพของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นใหม่นี้ เข็มชี้จะชี้แสดงตำแหน่งใหม่ให้ทราบ

เพื่อป้องกันมิให้เครื่องวัดชี้แสดงผิดพลาดเมื่อกำลังไฟขัดข้อง เข็มชี้จะถูกดึงให้ชี้แสดงอยู่นอกสเกล (OFF - SCALE) โดยแท่งแม่เหล็กเล็ก ๆ ที่ประกอบอยู่ใกล้โรเตอร์

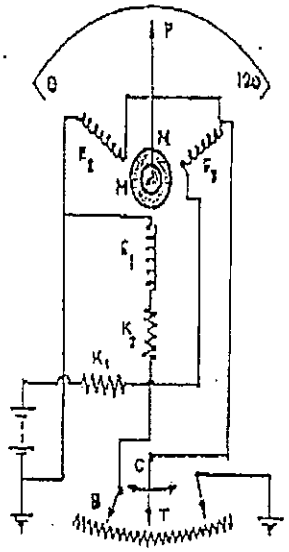
๒. เครื่องบอกตำแหน่งแฟลบของบริษัท LIQUIDOMETER

การทำงานของเครื่องของตำแหน่งแฟลบแบบ LIQUIDOMETER เป็นแบบซึ่งสร้างโดยบริษัท LIQUIDOMETER ----- ที่จะอธิบาย ณ ที่นี้เป็น FLAP POSITION TRANSMITTER PART NO -171

ตามรูปแสดงวงจรทางไฟของ TRANSMITTER และเครื่องวัด , ขดลวด E_1 E_2 และ E_3 ของเครื่องวัดอยู่ล้อมรอบโรเตอร์ M เป็นระยะห่างเท่า ๆ กัน ตัวโรเตอร์ เป็นแม่เหล็กถาวรมีแกนของเข็มชี้ P ยึดติดแน่นอยู่ ความต้านทาน K_1 เป็นความต้านทานที่มีค่าคงที่และ K_2 เป็น SCALE CONTROL RESISTER ---------- ตอนล่วนล่างของรูปเป็นวงจร TRANSMITTER ประกอบด้วยแผ่นลวดความต้านทาน T ขั้วสำหรับต่อสายลบและคันกรีด C ซึ่งมีแกนต่ออยู่กับแกนของ TRANSMITTER และจะถูกอำนวยให้หมุนไปโดยการเคลื่อนที่ของแฟลบ



Schematic Diagram of Three-Wire System With Unlimited Transmitter Shaft Rotation.



เมื่อมีกำลังไฟเข้าระบบ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ COIL E_1 จะมีค่าคงที่ ส่วนแรงเคลื่อนที่ COIL E_2 และ E_3 จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของคันกรีด C สมมุติว่าคันกรีด C เคลื่อนที่ไปทางตำแหน่ง B แรงเคลื่อนที่ COIL E_2 จะสูงขึ้น ส่วนที่ COIL E_3 จะลดลงและจะมีผลตรงกันข้ามถ้าเคลื่อนคันกรีดมาทางลบ แรงเคลื่อนเหล่านี้จะทำให้ขดลวดแต่ละขดเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นซึ่งจะเป็นปฏิภาคกับศักย์ตกของขดลวดนั้น ๆ

ในวงจรไฟที่มีลักษณะที่คันกรีดแรงเคลื่อนตัวมาทางตำแหน่งลบ ผลลัพธ์ของเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดทั้งสามจะหมุนตามนาฬิกา เป็นผลให้แม่เหล็กถาวร เกิดแรงหมุนขึ้นซึ่งจะหมุนไปอยู่ในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับผลลัพธ์ของเส้นแรงแม่เหล็กนี้

แรงเคลื่อนที่นำมาใช้จะไม่เป็นผลกระทบกระเทือนต่อการชี้แสดงของเข็มชี้ ทั้งนี้ก็เพราะว่าแรงเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดผลในแต่ละ COIL เป็นปฏิภาคที่เท่า ๆ กัน

<u>การติดตั้ง</u> เครื่องวัดติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัด TRANSMITTER ติดตั้งอยู่ใกล้สิ่งที่ต้องการวัดโดยมีกลไกต่ออยู่กับส่วนที่เคลื่อนที่ได้ของ บ.โดยระบบชิ้นต่อโยง (LINKAGE SYSTEM) ซึ่งต่ออยู่ระหว่าง SHAFT ของ TRANSMITTER กับส่วนที่เคลื่อนที่ได้เช่นแฟลบ การเคลื่อนที่ของส่วนที่เคลื่อนที่ได้จะทำให้ SHAFT ของ TRANSMITTER เคลื่อนที่ในแนวหมุน

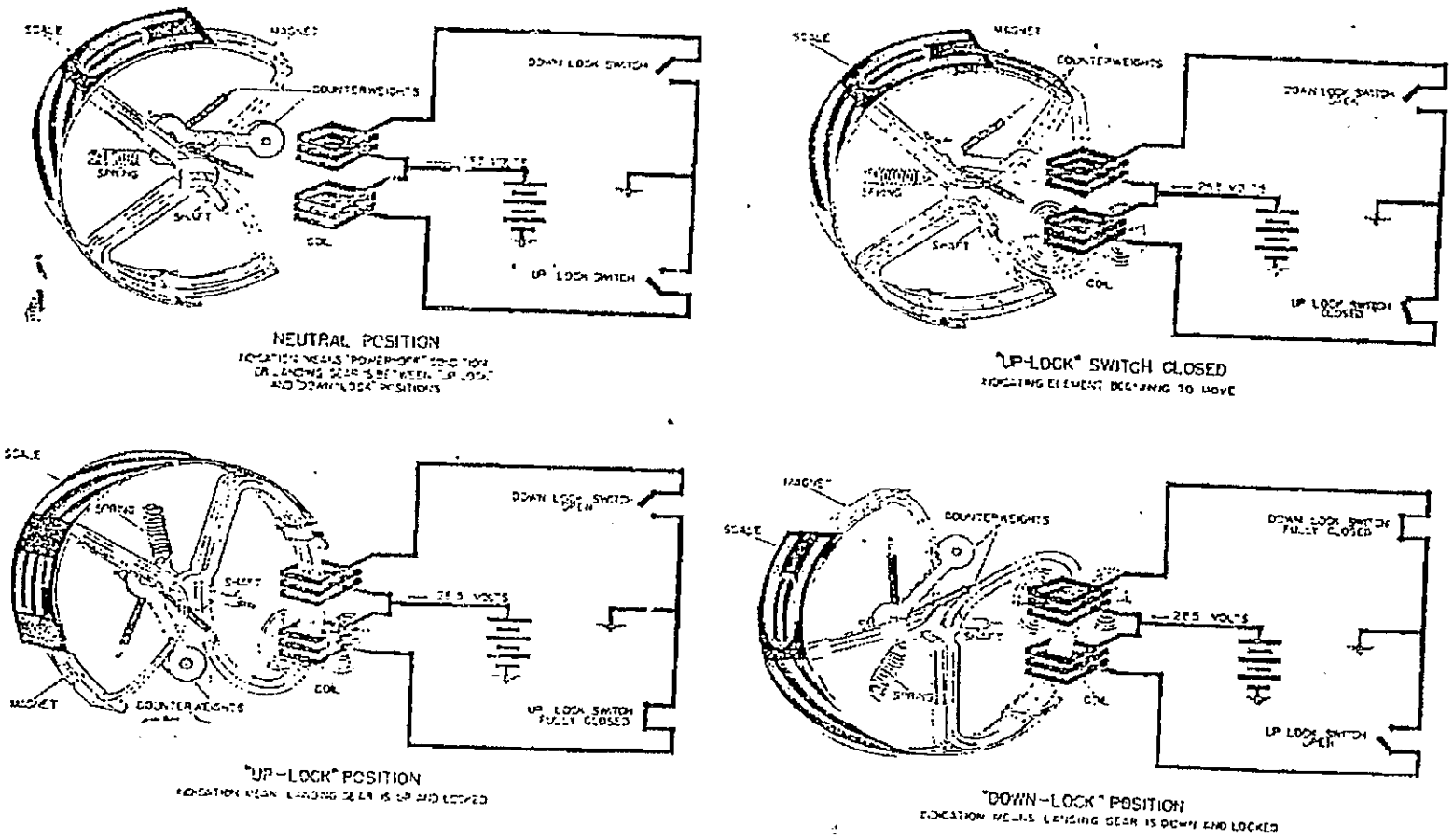
๓. เครื่องบอกตำแหน่งฐาน

การชี้แสดงตำแหน่งฐานของ บ. ในปัจจุบันส่วนมากเป็นการทำงานของ SOLENOID ซึ่งมีวงจรทางไฟต่ออยู่กับ LOCK SWITCH ๒ ตัว

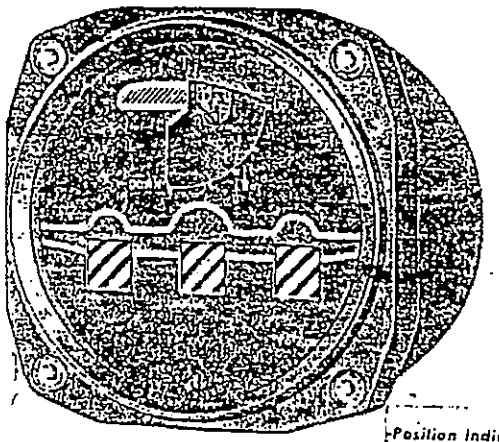
ระบบหนึ่ง ๆ จะมีสวิทช์ ๒ ตัว ตัวหนึ่งใช้สำหรับตำแหน่ง LOCKED – UP และอีกอันหนึ่งใช้สำหรับตำแหน่ง LOCKED – DOWN สวิทช์ทั้งสองติดตั้งอยู่ในช่องฐานที่ตำแหน่งซึ่งสวิทช์สามารถทำงานได้โดยการอำนวยของ LANDING GEAR เมื่อฐานลงสุด LOCKED – DOWN SWITCH จะปิด ส่วน LOCKED – UP SWITCH จะอยู่ที่ตำแหน่งเปิด และเมื่อฐานพับเข้าชุด LOCK – DOWN SWITCH จะอยู่ในตำแหน่งปิด ทั้งนี้ให้เข้าใจว่า ถ้าระบบทำงานตามปกติ (ฐานกางออกสุดหรือพับเข้าสุด) จะมีสวิทช์เพียงอันเดียวเท่านั้นที่จะอยู่ที่ตำแหน่งปิด

<u>หลักการทำงาน</u> กลไกเครื่องวัดประกอบด้วยแม่เหล็กรูปหัวใจและขดลวด SOLENOID ๒ อัน ตัวแม่เหล็กมีขั้วเหนืออยู่ที่ปลายแต่ละข้าง และมีขั้วใต้อยู่ที่จุดกึ่งกลางของแม่เหล็ก จุดหมุนซึ่งอยู่ตรงกลางจะยอมให้แม่เหล็กหมุนไปไดในขีดจำกัดอันหนึ่ง ตามรูปสเกลหน้าปัดประกอบติดอยู่กับแม่เหล็ก เมื่อ LOCKED – UP SWITCH อยู่ที่ตำแหน่งปิด ที่หน้าบัดจะมีอักษร "UP" โผล่ออกมาให้นักบินเห็น เมื่อฐานลงสุด LOCK – DOWN SWITCH ปิด เครื่องวัดจะชี้แสดงรูปล้อให้เห็น เมื่อไม่มีกำลังไฟเข้าระบบเครื่องวัดจะชี้แสดงเป็นรูปขีดทแยงสีแดงสลับขาว หรืออาจจะกล่าวสั้น ๆ ได้ว่า การทำงานของระบบนี้ทำงานโดยคุณสมบัติการดูดและการผลักของแม่เหล็ก

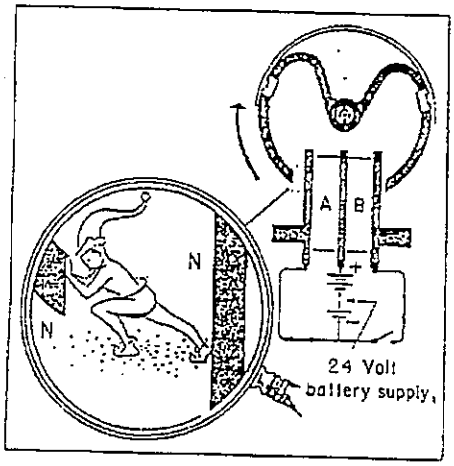
ขดลวด SOLENOID 2 ขดประกอบอยู่ในลักษณะที่ปลายแต่ละข้างของแม่เหล็กสามารถสอดเข้าผ่าน COIL ได้ ขดลวดแต่ละขดทำงานแยกกันโดยสวิทช์ ในการทำงานตามปกติจะมีชุด COIL เพียงชุดเดียวเท่านั้นที่มีกระแสไฟผ่านทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าสวิทช์อันไหนปิด เมื่อกระแสไฟไหลผ่านก็จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ขั้วเหนือของ COIL จะผลักกับขั้วเหนือของแม่เหล็กที่อยู่ใกล้กันทำให้แม่เหล็กเคลื่อนที่ ในขณะที่แม่เหล็กเคลื่อนที่ก็จะพาหน้าปัดเคลลื่อนที่ไปด้วยและขั้วเหนือของแม่เหล็กอีกข้างหนึ่งจะเคลื่อนที่เข้าใกล้ขั้วใต้ของ COIL ดังนั้นเครื่องวัดก็จะชี้แสดง UP หรอ "DOWN" ให้ทราบซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่าสวิทช์อันไหนอยู่ในตำแหน่งปิด เมื่อกำลังไฟไม่มีเข้าระบบหรือสวิทช์ทั้งสองอยู่ในตำแหน่งเปิด (ขณะที่ฐานกำลังกางลงหรือพับขึ้นยังไม่สุด) ขดสปริงเล็ก ๆ จะดึงแม่เหล็กให้อยู่ในตำแหน่งที่ชี้แสดงรูปขีดทแยงสีแดงสลับขาว



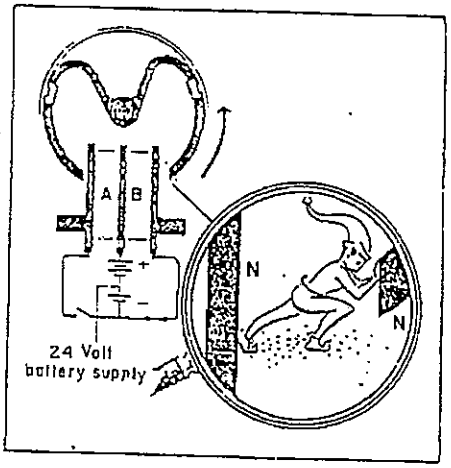
Principle of Operation of the AN-Type Polarized-Solenoid Landing Gear Position Indicator.



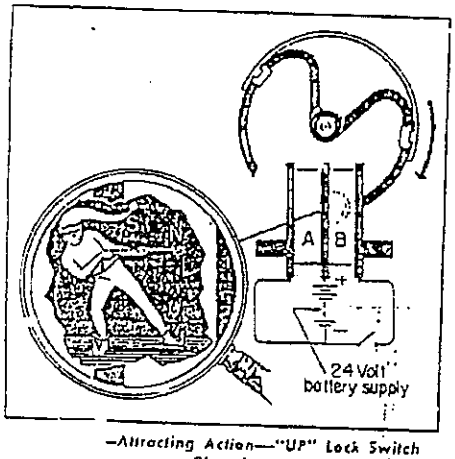
Position Indicator Model 8DJ26AAA (Type AN5780-3)



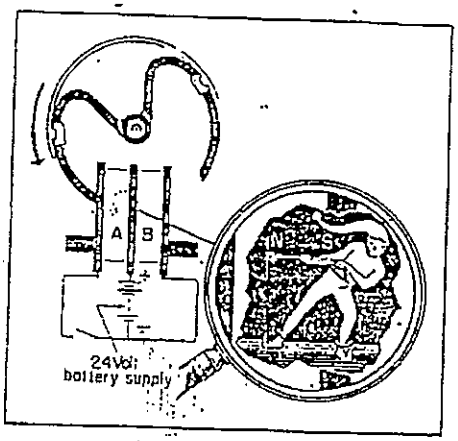
—Repelling Action—"UP" Lock Switch Closed



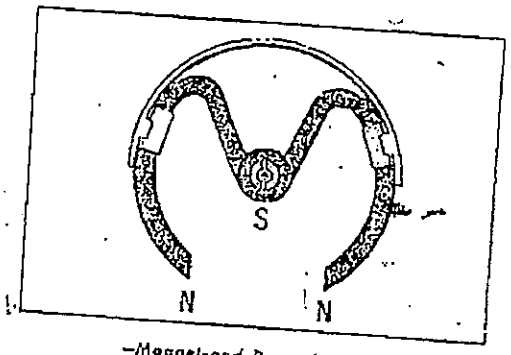
—Repelling Action—"DOWN" Lock Switch Closed



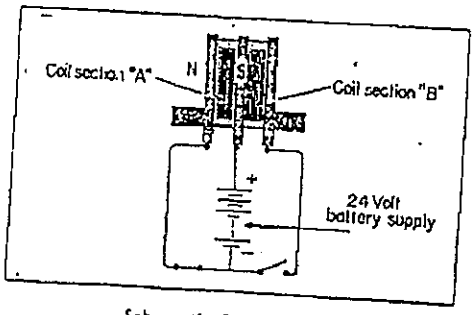
—Attracting Action—"UP" Lock Switch Closed



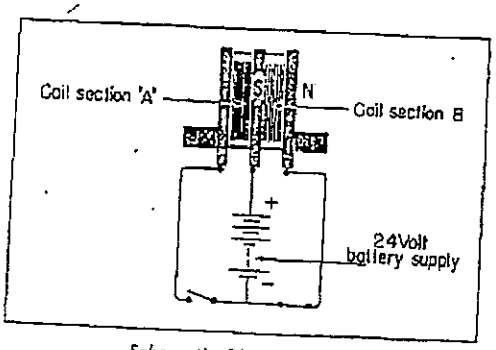
—Attracting Action—"DOWN" Lock Switch Closed



—Magnet-and-Drum Assembly Showing Location of Poles



—Schematic Diagram Showing Wheels Element with Section A Energized



—Schematic Diagram Showing Wheels Element with Section B Energized

บทที่ ๘
วิชาระบบเข็มทิศ

<u>ความมุ่งหมาย</u> เข็มทิศติดตั้งกับ บ. เพื่อความมุ่งหมายที่จะให้นักบินสามารถบังคับ บ. ให้ไปสู่จุดหมายได้โดยถูกต้องแน่นอน ในปัจจุบันจะพบว่าเข็มทิศที่ติดตั้งกับ บ. เป็นชนิดถ่ายทอดการวัด ซึ่งได้แก่ ระบบ MAGNESYN ระบบ GYROSYN COMPASS ระบบเข็มทิศชนิดถายทอดการวัดจะทำงานแสดงทิศทางให้ทราบได้แน่นอนถึงแม้ว่า บ. จะบินใกล้ขั้วแม่เหล็กโลก แต่อย่างไรก็ดีอุปกรณ์ไฟฟ้าและกลไกภายในของระบบนี้อาจจะขัดข้องขึ้นได้ ฉะนั้น บ. ทุกแบบจึงยังคงจำเป็นต้องติดตั้งเข็มทิศแม่เหล็กซึ่งเป็นแบบใช้อ่านโดยตรงกับ บ. ทุกเครื่อง เพื่อได้ใช้เป็นอะไหล่ซึ่งทิศแม่เหล็กแบบนี้มีชื่อเรียกว่า STANDBY COMPASS

ความถูกต้องแน่นอนของเข็มทิศหรือจะกล่าวว่าการอ่านเข็มทิศของนักบินจะถูกต้องหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับช่างเครื่องวัด ฉะนั้นจึงเป็นหน้าที่โดยตรงของช่างที่จะต้องตรวจดูและรักษาให้เข็มทิศแม่เหล็กพร้อมอยู่เสมอที่จะใช้งานเมื่อถึงความจำเป็น ซึ่งก็หมายความว่าช่างจะต้องทราบวิธีการตรวจ , การติดตั้ง , การอ่านเข็มทิศว่าถูกต้องหรือไม่ และรู้จักวิธีซ่อมเท่าที่จำเป็น ท่านจะต้องสามารถคำนวณและให้ค่าที่ถูกต้องว่าเข็มทิศของ บ. แบบนั้นคลาดเคลื่อนไปจากทิศที่แท้จริงกี่องศา และจะต้องรู้วิธีทำการปรับแก้ที่จะทำให้เข็มทิศอ่านได้ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

๑. เข็มทิศแม่เหล็ก (MAGNETIC COMPASS , STANDBY COMPASS)

<u>ส่วนประกอบ</u> เข็มทิศแม่เหล็กประกอบด้วยแม่เหล็กเล็ก ๆ ๒ อันติดตั้งให้ขนานกันอยู่บนป้ายชี้ทิศทาง (COMPASS CARD) แผ่นป้ายชี้ทิศเป็นแผ่นกลมมีขีดแบ่งสเกลเพื่อชี้บอกทิศทางจาก ๐ - ๓๖๐ องศา แผ่นป้ายจะต้องได้ดุลเคลื่อนตัวเป็นอิสระโดยวางอยู่บน PIVOT ซึ่งทำด้วย HARD STELL และตรงปลาย PIVOT มีทับทิมสวมอยู่เพื่อที่จะให้แผ่นป้ายสามารถเคลื่อนตัวได้คล่องโดยมีความฝืดน้อยที่สุดสปริงที่อยู่ตอนใต้ของทับทิมจะป้องกัน PIVOT และทับทิมมิให้ชำรุดเนื่องจากการสั่นหรือกระเทือน ตัวเรือนบรรจุเข็มทิศมีลักษณะเป็นชามกลม (BOWL) ภายในตัวเรือนบรรจุน้ำยาเข็มทิศไว้เต็มเพื่อป้องกันการแกว่งหรือสั่น ถ้าหากไม่มีน้ำยาใส่ไว้เพื่อทำหน้าที่ดัวลดการสั่นแล้วแผ่นป้ายนี้จะแกว่งหรือหมุนเคลื่อนที่ต่อไปเมื่อ บ. กลับมาบินอยู่ในแนวตรงภายหลังที่ทำการเลี้ยวทำให้การอ่านไม่ถูกต้องแน่นอน

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและระยะสูงจะเป็นเหตุให้ของเหลวขยายตัวทำให้เกิดการรั่วซึมออกนอกตัวเรือน หรือของเหลวหดตัวลงทำให้เกิดฟองอากาศ เพื่อแก้ไขสาเหตุเหล่านี้ภายในตัวเรือนจะติดตั้ง EXPANSION CHAMBER ไว้ ช่องว่าง (CHAMBER) นี้มีรูระบายติดต่อกับอากาศภายนอกและแยกอยู่ต่างหากจากน้ำยาเข็มทิศโดย DIAPHRAGM หรือ BELLOW ฉะนั้นเมื่อของเหลวขยายตัวหรือหดตัวก็จะทำให้ DIAPHRAGM หรือ BELLOW ขยายตัวหรือหุบตัวไปด้วย

ตอนส่วนบนหรือส่วนล่างของตัวเรือนจะมีชุดปรับแก้การอ่านติดตั้งไว้ (POLYPLANE COMPENSATOR) ชุดปรับแก้จะแก้การอ่านคลาดเคลื่อนของเข็มทิศที่เกิดจากสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายใน บ.ชุดปรับแก้ประกอบด้วยชุดแม่เหล็กถาวรเล็ก ๆ ๒ ชุด สามารถจะเปลี่ยนตำแหน่งได้โดยการหมุนสลักเกลียว ๒ ตัวที่ติดตั้งอยู่กับชุดปรับแก้ โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของชุดปรับแก้นี้จะทำให้สนามแม่เหล็กของชุดปรับแก้ลบล้างสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายใน บ.ให้หมดไปหรือน้อยที่สุด

<u>การอ่านเข็มทิศ</u> อ่านได้โดยมองผ่านกระจกหรือ LENS ทางด้านหน้าตัวเรือน แผ่นป้ายบอกทิศแบ่งสเกลให้อ่านขีดละ ๕ องศาทุก ๆ ๓๐ องศา จะเขียนตัวเลขบอกให้ทราบแต่ตัดเลขศูนย์ออกเช่น "๓" องศา หรือ "๓๓" คือ "๓๓๐" องศา สำหรับทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตกจะเขียนเป็นตัวอักษรไว้ว่า N,S,E,W, ตามลำดับ การอ่านจะต้องมองไปตรง ๆ ให้ LUBBER LINE ทับกับขีดสเกล มิฉะนั้นการอ่านจะคลาดเคลื่อนซึ่งเนื่องมาจาก PARALLAX ERROR

<u>การติดตั้ง</u> ตำบลที่ติดตั้งเข็มทิศกับ บ. จะต้องเป็นไปตามบริษัทผู้สร้างกำหนดมีข้อที่ควรจะจำ คือ

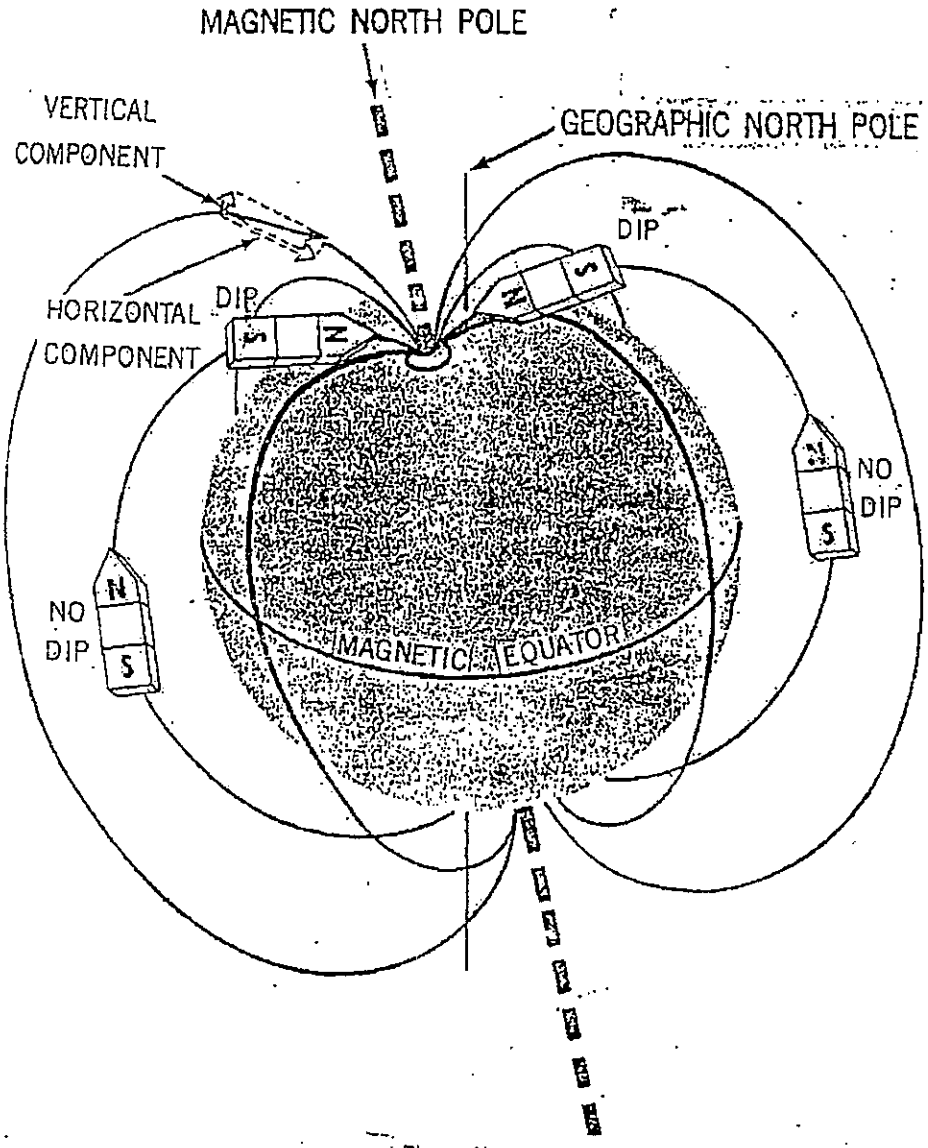
๑. ตัวเรือนเข็มทิศจะต้องติดตั้งให้ขนานกับแนวแกน LONGITUDINAL ---- ของ บ.เส้น LUBBER LINE และหลัก PIVOT จะต้องตั้งฉากกับพื้น เมื่อ บ.บินอยู่ในแนวระดับ

๒. สลักเกลียวและแป้นเกลียวที่ใช้ยึดตัวเรือนเครื่องวัดจะต้องไม่ใช้วัสดุที่ทำด้วยเหล็ก ชุดบังคับที่เคลื่อนที่ได้ที่ทำด้วยเหล็กจะต้องไม่นำมาติดตั้งใกล้เข็มทิศ

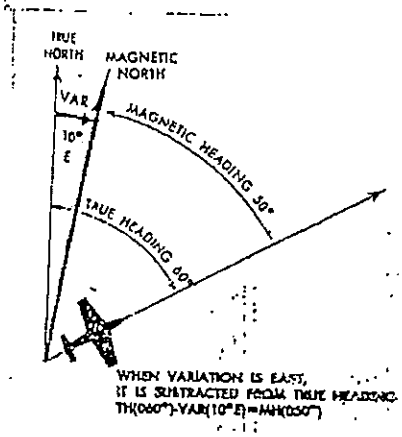
๓. ไม่ควรให้วงจรทางไฟอยู่ใกล้กับเข็มทิศ ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้อาจจะแก้ได้โดยใช้สายไฟชนิดมี SHIELD หรือโดยใช้สาย ๒ สายมาพันกันเป็นเกลียวเพื่อให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นลวดลบล้างกันไป และจงระวังการที่จะนำเอาเครื่องวัดชนิดที่มีอำนาจแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสูงมาติดตั้งใกล้กับเข็มทิศ อันจะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนได้มาก

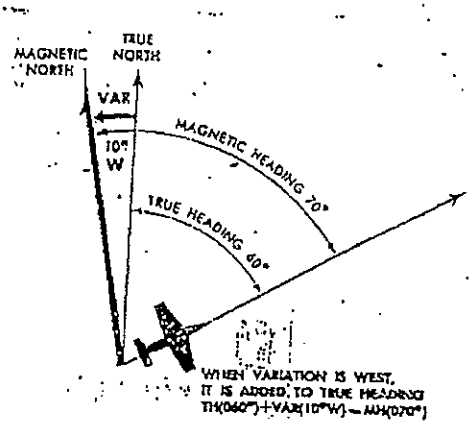
<u>สนามแม่เหล็กโลก</u> จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ได้พิสูตรให้เห็นแล้วว่า แกนของโลกเป็นแม่เหล็กและเช่นเดียวกับแม่เหล็กทั้งหลายคือมีขั้วแม่เหล็ก ๒ ขั้ว ขั้วเหนือและขั้วใต้ของแม่เหล็กโลกอยู่ที่ตำบลซึ่งใกล้กับขั้วเหนือและขั้วใต้ในทางภูมิศาสตร์ตามลำดับ จำไว้ว่ามิได้อยู่ตำแหน่งเดียวกัน

พื้นโลกที่เราอาศัยอยู่นี้เต็มไปด้วยสนามแม่เหล็กโลก โดยมีเส้นแรงพุ่งจากขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกมายังขั้วใต้ของแม่เหล็กโลก ถ้าเรานำเอาเข็มแม่เหล็กเล็ก ๆ มาแขวนห้อยให้เคลื่อนตัวได้เป็นอิสระเข็มแม่เหล็กนี้จะจัดตัวของมันให้อยู่ในแนวเดียวกันกับเส้นแรงแม่เหล็กโลก โดยปลายข้างหนึ่งจะชี้ไปทางเหนือ



The earth's magnetic field.





และอีกปลายหนึ่งจะชี้ไปทางขั้วใต้ เป็นไปตามหลักความจริงที่เกิดขึ้นคือ ขั้วของแม่เหล็กที่เหมือนกันย่อมผลักกัน ส่วนขั้วที่ต่างกันย่อมดูดกัน และเราก็ได้นำเอาหลักความจริงนี้มาใช้ในการทำงานของเข็มทิศแม่เหล็ก

เส้นแรงของสนามแม่เหล็กโลกที่พุ่งออกจากขั้วเหนือมายังขั้วใต้มีรูปลักษณะโค้ง แต่ที่เส้นศูนย์สูตร (EQUATOR) เส้นแรงเหล่านี้จะอยู่ในลักษณะเป็นเส้นตรงหรือเกือบเป็นเส้นตรง (HORIZONTAL) และมันจะค่อย ๆ เบนลงทีละน้อย ๆ จนกระทั่งถึงขั้วแม่เหล็ก เส้นแรงจะอยู่ในลักษณะตั้งฉาก ฉะนั้นจะเห็นได้ว่ามีแรง ๒ แรงมากระทำเข็มทิศแม่เหล็ก แรงหนึ่งคือแรงของเส้นแรงแม่เหล็กโลกที่อยู่ในแนวแกน HORIZONTAL ซึ่งเป็นแรงที่จะทำให้เข็มทิศแม่เหล็กจัดตัวของมันให้อยู่ในแนวเหนือ – ใต้ของแม่เหล็กโลก ส่วนอีกแรงหนึ่งอยู่ในแนว VERTICAL แรงนี้จะทำให้เข็มทิศเบนต่ำลง แรงทั้ง ๒ นี้เรียกว่า HORIZONTAL AND VERTICAL COMPONENTS ---- ของเขต ของสนามแม่เหล็กโลก HORIZONTAL COMPONENT จะมีความเข้มข้นน้อยที่สุดที่เส้น EQUATOR จะมีความเข้มข้นน้อยที่สุดที่เส้น EQUATOR และเข้มข้นมากที่สุดขั้วแม่เหล็กโลก แรงที่จะทำให้เข็มทิศอ่านคลาดเคลื่อนจะเกิดขึ้นเนื่องจาก VERTICAL COMFONENT ของสนามแม่เหล็กโลก

<u>VARIATION</u> โดยธรรมดาเมื่อพูดถึงทิศเหนือเราจะเข้าใจกันว่าหมายถึงทิศเหนือทางภูมิศาสตร์ หรือทิศเหนือที่แท้จริง (TRUE NORTH) TRUE NORTH คือทิศทางจากตำแหน่งใด ๆ บนพื้นโลกมายังขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์นี้อยู่ใต้ดาวเหนือโดยตรง แผนที่และลูกโลกที่สร้างขึ้นจะประกอบด้วยเส้น MERADIAN (เส้นแวง) และเส้น LATITUDE (เส้นรุ้ง) ซึ่งลากสัมพันธ์กับขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์

เข็มทิศซึ่งมีเส้นแรงของสนามแม่เหล็กโลกกระทำอยู่จะชี้ตรงไปทางทิศเหนือของแม่เหล็กโลก มิได้ชี้ตรงกับขั้วเหนือทางภูมิศาสตร์ ขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกอยู่ในบริเวณภาคเหนือของอ่าวฮัดสัน ซึ่งอยู่ห่างจากขั้วเหนือทางภูมิศาตร์หลายร้อยไมล์ แต่ถึงกระนั้นก็ยังมีพวกแร่ธาตุต่าง ๆ ในพื้นโลกและสภาวะต่าง ๆ ที่มารบกวนสนามแม่เหล็กโลก ทำให้สนามแม่เหล็กโลกเกิดเส้นแรงผลลัพธ์ขึ้นใหม่ซึ่งจะไปบังคับให้เข็มทิศเบนออกจากทิศเหนือของแม่เหล็กโลก

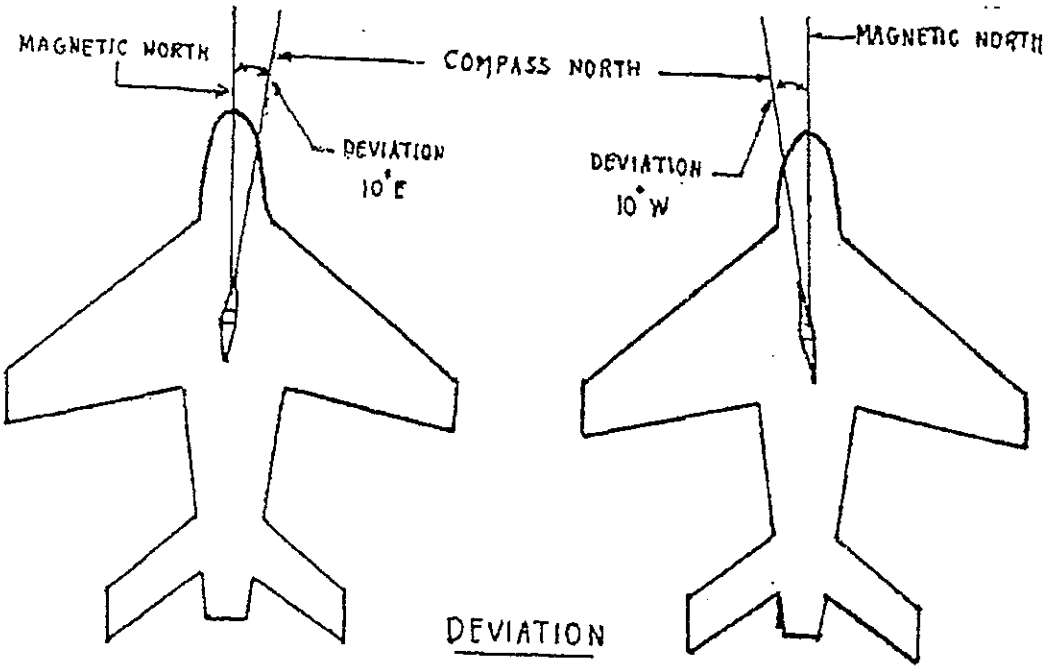
มุมระหว่าง TRUE NORTH และ MAGNETIC NORTH เราเรียกว่า "VARIATIEN"

ตามรูปค่าของมุม VARIATION จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ตำแหน่งที่อยู่บนพื้นโลก ซึ่งอาจจะเป็นทางตะวันออกหรือตะวันตก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเข็มทิศชี้ไปทางตะวันออกหรือตะวันตกจาก TRUE NORTH

ไม่มีกลไกใด ๆ ที่จะปรับแก้ความคลาดเคลื่อนมุม VARIATION ของเข็มทิศในการที่จะทำให้เข็มทิศอ่านตรงกับทิศเหนือภูมิศาสตร์ นักบินหรือต้นหนจะต้องใช้ดูจากแผนที่เดินอากาศเพื่อหาค่าของ VARIATION จากจุดที่ บ. กำลังบินอยู่ แล้วจึงบวกหรือลบค่า VARIATION นี้จากการอ่านของเข็มทิศ

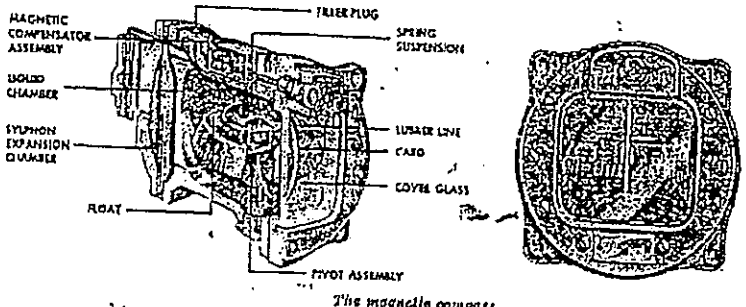
DEVIATION นอกจากเส้นแรงของสนามแม่เหล็กโลก เข็มทิศที่ติดตั้งอยู่กับ บ.อาจจะได้รับการรบกวนโดยสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากชิ้นส่วนที่เป็นเหล็กหรือเมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำภายใน บ. สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายใน บ. นี้จะทำให้เข็มทิศอ่านคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ความคลาดเคลื่อนนี้ก็คือความแตกต่างของมุมระหว่างขั้วเหนือของแม่เหล็กโลก และทิศทางที่เข็มทิศชี้อยู่ในขณะนั้น ซึ่งเราเรียกว่า "DEVIATION"

มุม DEVIATION อาจจะเป็นได้ทั้งทางตะวันออกหรือตะวันตก ถ้าเส้นแรงของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายใน บ. ทำให้เข็มชี้ห่างจากขั้วเหนือของแม่เหล็กโลกไปทางทิศทางตามนาฬิกา ค่าของ DEVIATION จะเป็นทิศตะวันออก หรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่า COMPASS NORTH (ขั้วเหนือของเข็มทิศ) เบนไปทางตะวันออกของ MAGNETIC NORTH (ขั้วเหนือของแม่เหล็กโลก) และในทำนองเดียวกัน ถ้าเข็มทิศชี้ห่างจาก MAGNETIC NORTH ไปตามทิศทางทวนนาฬิกาค่าของ DEVIATION จะเป็นทิศตะวันตก ในกรณีนี้ COMPASS NORTH จะเบนไปทางตะวันตกของ MAGNETIC NORTH

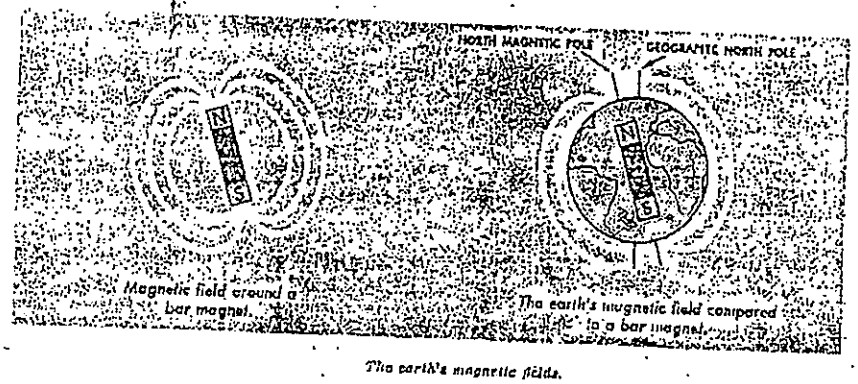


โดยปกติการเรียกมุม DEVIATION ตะวันออกหรือตะวันตกนี้เราใช้เครื่องหมายบวกหรือลบแทน ตัวอย่างเช่นถ้า MAGNETIC HEADING ของ บ.เป็น ๑๐๕ องศา.และ COMPASS HEADING อ่าน ๑๑๕ องศาค่า DEVIATION จะเป็น ๑๐ องศาตะวันออก (๑๐°E) ซึ่งเราเขียนเลียใหม่ ว่า + ๑๐ องศา

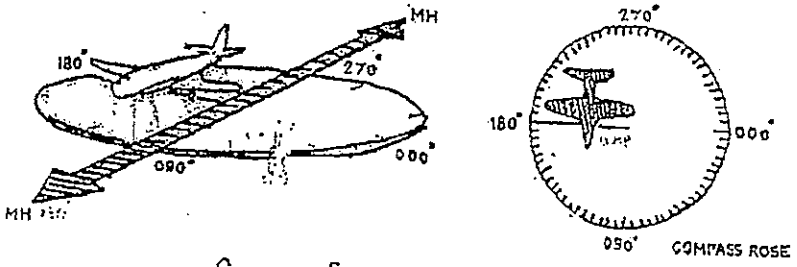
เนื่องจากจำนวนบริภัณฑ์ไฟฟ้าและตำบลที่ติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้าของ บ.แตกต่างกันไม่มากก็น้อยทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นใน บ.แต่ละเครื่องไม่เท่ากัน ฉะนั้นเข็มทิศทุกเรือนที่ติดตั้งอยู่กับ บ.จะต้องมี



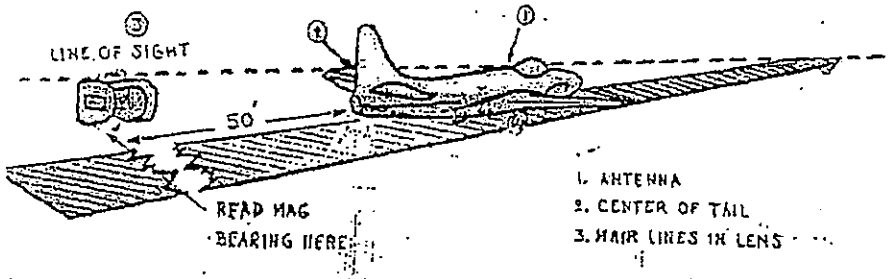
The magnetic compass.



The earth's magnetic fields.



COMPASS SWINGING BASE



ALIGNMENT OF AIRPLANE WITH SIGHTING COMPASS.

SIGHTING COMASS METHOD การปรับแก้โดยวิธี SIGHTING COMPASS เข็มทิศจะทำการ SWING ที่พื้นที่ใดก็ได้ที่ได้ระดับ และที่ซึ่งไม่มีการรบกวนจากอำนาจแม่เหล็กภายนอกใด ๆ อุปกรณ์ที่ใช้ในการ SWING ก็คือ เข็มทิศแม่เหล็กที่ใช้กับ บ. ถอด COMPENSATOR ออก แล้วนำเข็มทิศนี้มาใช้เป็นเข็มทิศมาตรฐาน หมายถึงเข็มทิศนี้ชี้อ่านจะเป็นทิศที่แท้จริง (MAGNETIC HEADING) ทิศทางของ บ. จะถูกกำหนดโดยเข็มทิศมาตรฐาน

ในการ SWING เรานำเอาเข็มทิศมาตรฐานมาส่องหาทิศทางกับ บ.โดยให้เข็มทิศมาตรฐานอยู่ห่างจาก บ.ทางด้านหลังอย่างน้อยที่สุด ๕๐ ฟุต แล้วส่องเข็มทิศมาตรฐานนี้ให้อยู่ในแนวจุด ๒ จุด ซึ่งผ่าน CENTER LINE ของ บ.(ผ่าน ANTENNA และ CENTER OF TAIL) การอ่านของ SIGHTING COMPASS (เข็มทิศมาตรฐาน) จะชี้แสดงทิศที่แท้จริงของ บ.ที่เป็นอยู่ในขณะนั้น ข้อควรระวังในการอ่าน SIGHTING COMPASS ก็คือ SIGHTING COMPASS จะต้องอยู่ในแนวระดับและแผ่นป้ายชี้ทิศจะต้องหยุดนิ่ง วิธีที่ถือเข็มทิศที่ถูกต้องก็คืองอข้อศอกให้แบบชิดกับตัว เพื่อช่วยในการยึดให้เข็มทิศอยู่กับที่

ถ้านำเข็มทิศที่ใช้กับ บ.โดยตรงมาทำเป็นเข็มทิศมาตรฐาน การ SWING เข็มทิศโดยใช้เข็มทิศมาตรฐานส่องจากตอนท้ายของ บ.ผ่านมายังตอนหัวของ บ.การอ่านค่าของเข็มทิศมาตรฐานและเข็มทิศ CORRECTION CARD เพื่อที่จะให้ผู้ใช้สามารถทราบว่าเข็มทิศที่ใช้อยู่นั้นจะต้องอ่านกี่องศาจึงจะตรงกับเข็มทิศแม่เหล็กโลก แผ่นป้ายปรับแก้นี้โดยปกติเป็นหน้าที่ของช่างเครื่องวัดที่จะต้องจัดทำขึ้น แต่ในบางกรณีต้นหนก็อาจจะเป็นผู้จัดทำเอง

COMPASS SWINGING การ SWING เข็มทิศก็คือการที่จะทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของเข็มทิศที่เกิดขึ้นเนื่องจากสนามแม่เหล็กภายใน บ.ให้หมดไปหรือให้เหลือน้อยที่สุด หรือจะพูดได้ว่าเพื่อทำให้ค่าของ DEVIATION เป็นศูนย์หรือน้อยที่สุด การหาค่า DEVIATION ในการปรับแก้ทำได้โดยการเลี้ยวหรือหันหัวของ บ.ไปยังทิศทางที่กำหนด แล้วเปรียบเทียบการอ่านเข็มทิศของ บ.กับทิศของแม่เหล็กโลกซึ่งเราจะได้ค่าของมุม DEVIATION

เข็มทิศที่ติดตั้งกับ บ.จะต้องได้รับการ SWING เพื่อปรับแก้มุม DEVIATION ดังนี้

๑. ทุก ๙๐ วันหรือครบ ๑๐๐ ชม. บิน

๒. ทุกครั้งที่เปลี่ยน ย.

๓. เมื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ที่จะทำให้เกิดการกระทบกระเทือนต่อการอ่านเข็มทิศ

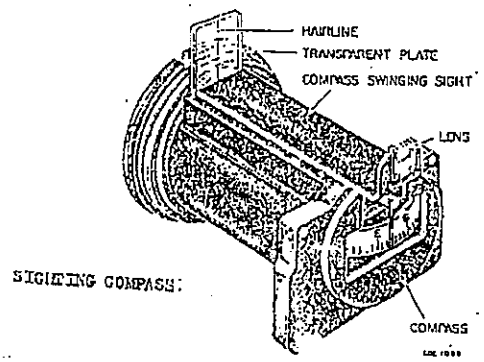
๔. เมื่อติดตั้งเข็มทิศใหม่

๕. เมื่อสงสัยว่าการ อ่านคลาดเคลื่อนเกิดเกณฑ์กำหนด

เข็มทิศอาจจะทำการ SWING ได้ทั้งเมื่อ บ.อยู่ที่พื้นดินหรือขณะบินอยู่ในอากาศ การ SWING เข็มทิศในขณะที่ บ.ทำการบินทิศทางของ บ.จะกำหนดได้โดยใช้ ASTRO COMPASS การ SWING โดยวิธีนี้ใช้ทำกับ บ.ทิ้งระเบิดและ บ.ลำเลียงขนาดใหญ่เท่านั้น สำหรับหน้าที่ของช่างเครื่องวัดส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการ SWING เข็มทิศที่พื้น การทำ GROUND SWING ทำได้รวดเร็วกว่าในอากาศเพราะที่พื้น บ.อยู่กับที่

เข็มทิศจะอ่านได้แน่นอนกว่าในอากาศ วิธีทำ GROUND SWING มีอยู่หลายวิธีแต่วิธีที่ทำได้ง่ายและสะดวกที่สุดมีอยู่ ๒ วิธี คือวิธี COMPASS ROSE และ SIGHTING COMPASS

COMPASS ROSE METHOD COMPASS ROSE เป็นวิธีที่ใช้ SWING เข็มทิศของ บ.ที่พื้นคอนกรีตซึ่งจัดทำไว้โดยเฉพาะและต้องอยู่ในที่ซึ่งไม่มีอำนาจแม่เหล็กมารบกวนหรือมีน้อยมาก และจะต้องไม่มีวัสดุที่มีอำนาจเป็นแม่เหล็กประกอบอยู่ ทิศทางที่จะต้องทำการ SWING จะขีดสเกลบอกองศารอบวงกลมของพื้นฐานคอนกรีต มีแผ่น BAR เป็นอุปกรณ์ช่วยในการ SWING ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเสมือนกับไม้ห้ามล้อของ บ.แผ่น BAR ติดตั้งอยู่กับพื้นฐานโดยให้มีจุดหมุนอยู่ที่กึ่งกลางของวงกลมของพื้นฐานนั้นและสามารถยึดให้อยู่กับที่ได้ ๒๔ ตำแหน่ง (๒๔ ทิศ) เมื่อล้อของ บ.ปะทะกับแผ่น BAR บ.ก็จะจัดตัวของมันให้หัวของ บ.หันอยู่ในทิศทางตามที่ต้องการดังรูป



ที่ติดตั้งกับ บ.จะเบนไปในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้าในการ SWING เข็มทิศโดยใช้เข็มทิศมาตรฐานส่องจากตอนหัวของ บ.ผ่านตอนท้าย บ.ซึ่งมักจะทำกันเพราะเป็นการสะดวกกว่า การอ่านจะเป็นไปในทางตรงกันข้าม (๑๘๐ องศา) ฉะนั้นเพื่อที่จะให้เข็มทิศมาตรฐานกับเข็มทิศที่ติดตั้งกับ บ.อ่านอยู่ในทิศทางเดียวกันเราต้องบวกหรือลบค่าที่อ่านได้จากเข็มทิศมาตรฐานด้วยมุม ๑๘๐ องศา เมื่อใช้เข็มทิศมาตรฐานส่องจากตอนหัวของ บ.ผ่านตอนท้ายของ บ.เราจะต้องติดตั้งแผ่นป้ายบอกทิศกับแม่เหล็กใหม่โดยติดตั้งให้อยู่ตรงกันข้ามกับเข็มทิศธรรมดา ซึ่งจะทำได้ที่โรงงาน และเข็มทิศที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงเพื่อใช้เป็นเข็มทิศมาตรฐานจะต้องหาตัวเรือนด้วยสีแดงสด เพื่อป้องกันมิให้นำไปติดตั้งกับ บ.และเพื่อให้รู้ว่าเป็นเข็มทิศที่ใช้สำหรับ SWING เข็มทิศ

<u>การเตรียมการเพื่อดำเนินการปรับแก้</u>

๑. บ.จะต้องอยู่ห่างจากโครงสร้างที่ทำด้วยเหล็ก รถยนต์, รถแทรคเตอร์, สายไฟใต้ดิน, ท่อโลหะ หรือ บ.เครื่องอื่น ๆ อย่างน้อยที่สุด ๑๐๐ หลา

๒. ตรวจดูให้แน่ใจว่าบริภัณฑ์ต่าง ๆ ของ บ.ที่เป็นเหล็กได้ประกอบกับ บ.โดยถูกต้องเรียบร้อยแล้ว

๓. ถ้ามีกำลังไฟฟ้าภายนอกมาใช้ ให้เครื่องทำไฟอยู่ห่างจาก บ.ให้ไกลที่สุดเท่าที่จะไกลได้

๔. เอาสิ่งต่าง ๆ ที่ทำด้วยเหล็กอ่อนหรือเหล็กกล้าออกจากตัวท่านให้หมด

๕. ในการทำการปรับเข็มทิศจะต้องใช้เครื่องมือที่ไม่มีอำนาจเป็นแม่เหล็ก

๖. ตรวจสอบแผ่นป้ายเข็มทิศว่าหมุนได้คล่องเป็นอิสระอยู่บน PIVOT และอยู่ในแนวระดับ

๔. ติด ย.เลี้ยวหันหัว บ.ให้อยู่ที่ทิศเหนือ ตะวันออก ใต้ และตะวันตก ของแม่เหล็กโลก จดการอ่านของเข็มทิศในแต่ละทิศ ถ้าการอ่านของเข็มทิศทั้งในขณะติด ย.และดับ ย.ไม่แตกต่างกันการปรับแก้ทิศของเข็มทิศก็สามารถจะกระทำได้โดยไม่ต้องติด ย.แต่ถ้าหากการอ่านของเข็มทิศแต่ละทิศแตกต่างกัน การปรับจะต้องกระทำในขณะติด ย.เท่านั้น

<u>การดำเนินการปรับแก้</u>

๑. หมุนตั้งจุดขาวที่ COMPENSATING SQREW ให้ตรงกับจุดขาวของตัวเรือนเข็มทิศ ที่จุดนี้แม่เหล็กของตัว COMPENSATOR จะอยู่ในตำแหน่ง NEUTRAL

๒. หันหัว บ.ให้อยู่ทางทิศตะวันออก ซึ่งทิศทางนี้จะกำหนดได้โดย COMPASS ROSE หรือโดย SIGHTING COMPASS จด ACTUAL HEADING (ทิศที่อ่านจาก COMPASS ROSE หรือ SIGHTING COMPASS) ลงใน COLUMN ๑ ของแผ่นปรับแก้ และทิศที่อ่านจากเข็มทิศของ บ.ลงใน COLUMN ๒ ของแผ่นปรับแก้ จากนั้นก็ให้กระทำเช่นเดียวกันในทิศใต้ ตะวันตก และ ทิศเหนือ

<u>ข้อควรจำ</u> ถ้าการปรับแก้เข็มทิศทำแบบ COMPASS ROSE ACTUAL HEADING จะเป็นทิศของแม่เหล็กที่แท้จริงคือ ๐,๙๐,๑๘๐, และ ๒๗๐ องศา แต่ถ้าใช้ SIGHTING COMPASS,ACTUAL HEADING จะต้องอยู่ภายใน _+ 5, องศาของทิศแม่เหล็กที่แท้จริง (หรือแม่เหล็กโลก)

๓. คำนวณค่ามุม DEVIATION โดยหาความแตกต่างระหว่างเข็มทิศของ บ.กับ ACTUAL HEADING ค่าของมุม DEVIATION จะเป็นบวก ถ้าเข็มทิศของ บ.อ่านน้อยกว่า ACTUAL HEADING และจะเป็นลบถ้าอ่านมากกว่า ACTUAL HEADING (ตัวอย่างถ้า ACTUAL HEADING เท่ากับ ๑๘๐ องศา และเข็มทิศของ บ.อ่าน ๑๗๘ องศา มุม DEVIATION จะเท่ากับ – ๒ องศา) จดค่าของมุม DEVIATION พร้อมทั้งเครื่องหมายบวกหรือลบของแต่ละทิศลงใน COLUMN "DEV'N" ของแผ่นปรับแก้

๔. ใช้ค่าของมุม DEVIATION เหล่านี้คำนวณหาค่า COEFFICIENTS A,B และ C ตามสูตรที่ให้ไว้ข้างใต้ฟอร์มแผ่นปรับแก้

$$\text{COEFF. A} = \frac{N + E \div S + W}{4}$$

$$\text{COEFF. B} = \frac{E - W}{2}$$

$$\text{COEFF. C} = \frac{N - S}{2}$$

	COMPENSATING SWING			RESIDUAL SWING		COMPASS SWUNG.... BY.....			
	ACTUAL HEAD(H)	AIRCRAFT COMP.	DEV'N	ACTUAL HEAD(H)	AIRCRAFT COMP.	TO FL	STEER	TO FLY	STEER
						N	001	180	179
N000	000	004	-4	000	001	15	016	195	194
				045	046	30	031	210	209
E090	090	088	+2	090	091	45	046	225	224
				135	135	60	061	240	239
S180	180	178	+2	180	179	75	076	255	254
				225	224	90	091	270	269
W270	270	274	-4	270	269	105	106	285	284
				315	315	120	120	300	300
	(1)	(2)	(1)-(2)	(3)	(4)	135	135	315	315
						150	150	330	330
						165	164	345	346

COEFF. C = $\frac{N - S}{2}$ = $\frac{(-4) - (+2)}{2} + \frac{6}{2} = -3$

COEFF. B = $\frac{E - W}{2}$ = $\frac{(+2) - (-4)}{2} = +\frac{6}{2} = +3$

COEFF. A = $\frac{N + E + S + W}{4}$ = $(-4)+(+2)+(+2)+(-4) = -4 = -\frac{4}{4} = -1$

๕. หันหัว บ.ไปทางทิศเหนือของแม่เหล็กโลก บวก COEFE.C ในทางพีชคณิตกับการอ่านเข็มทิศของ บ.ซึ่งจะเป็นการปรับแก้การอ่านของเข็มทิศ (ตัวอย่างเช่นเข็มทิศของ บ.อ่าน ๐๐๔ และ COEFF.C เท่ากับ – ๓ เข็มทิศจะต้องถูกปรับให้อ่าน ๐๐๑) การปรับให้เข็มทิศอ่านตามนี้จะกระทำได้โดยการปรับสลักเกลียว –S ของ COMPENSATOR

๖. หันหัว บ.ไปทางทิศตะวันออกของแม่เหล็กโลก บวก COEFF.B ในทางพีชคณิตกับการอ่านเข็มทิศของ บ.ซึ่งจะเป็นการปรับแก้การอ่านของเข็มทิศ (ตัวอย่างเช่นเข็มทิศของ บ.อ่าน ๐๘๘ และ COEFF.B เท่ากับ +3 หลังจากการปรับแก้เข็มทิศจะอ่าน ๐๙๑) การปรับให้เข็มทิศอ่านตามนี้จะกระทำได้โดยการปรับสลักเกลียว E – W ของ COMPENSATOR

๗. COEFF.A เป็นค่าที่ชี้แสดงให้ทราบถึงจำนวนองศาที่เข็มทิศเป็นไปจากแนวแกนตามยาวของ บ.(LONGITUDINAL AXIS) ซึ่งเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการติดตั้ง การปรับแก้จะต้องกระทำถ้า COEFF.A มากกว่า ๒ องศา และจะทำการปรับที่ทิศใด ๆ ก็ได้ โดยบวก COEFF.A ในทางพีชคณิตกับการอ่านของเข็มทิศ (ตัวอย่างเช่นเข็มทิศอ่าน ๐๙๔ และ COEFF.A เท่ากับ -๓ หลังจากการปรับแก้เข็มทิศ จะอ่าน ๐๙๑) การปรับแก้นี้กระทำได้โดยการปรับระดับแผงเครื่องวัดหรือโดยการประกอบแหวนรองที่ทำด้วยวัสดุที่ไม่มีอำนาจเป็นแม่เหล็กรองรับระหว่างตัวเรือนเข็มทิศกับแผงเครื่องวัดจนกระทั่งเข็มทิศอ่านได้ตามกำหนด

<u>RESIDUAL ERROR SWING</u> การ SWING นี้จะกระทำเพื่อดูจำนวนคลาดเคลื่อนของเข็มทิศภายหลังที่ได้ทำการปรับแก้แล้ว ซึ่งกระทำได้ดังต่อไปนี้

๑. การเริ่มต้นจะกระทำที่ทิศใดก็ได้ หันหัว บ.ไปจนครบ ๒๔ ทิศตามที่ได้กำหนดไว้ในตารางการปรับแก้ จดทิศของแม่เหล็กที่แท้จริงและทิศที่เข็มทิศอ่านทั้ง ๒๔ ทิศลงในแบบฟอร์ม

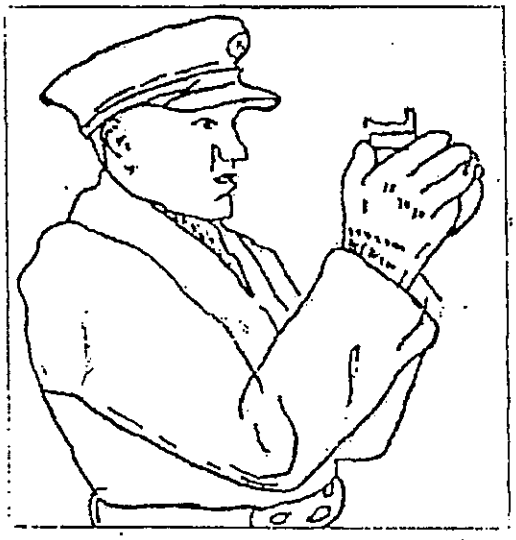
ถ้าการปรับแก้เข็มทิศใช้แบบ SIGHTING COMPASS หัวของ บ.จะต้องอยู่ภายใน + ๒ องศา ของทิศที่แท้จริง

๒. จด ACTUAL HEADING (H) และ COMPASS HEADING ที่ทิศเหนือ,ตะวันออกเฉียงเหนือ, ตะวันออก,ตะวันออกเฉียงใต้,ทิศใต้,ตะวันตกเฉียงใต้,ตะวันตก,และทิศตะวันตกเฉียงเหนือลงในช่องของ RESIDUAL SWING

๓. จดการอ่านของเข็มทิศทั้ง ๒๔ ทิศลงในช่อง "STEER" ของตารางปรับแก้

ถ้าการปรับแก้เข็มทิศใช้แบบ SIGHTING COMPASS ค่าของการอ่านที่จะลงในช่อง "STEER" จะต้องได้รับแก้จำนวนทิศซึ่งแตกต่างที่หัวของ บ.เป็นอยู่จริงกับทิศที่แท้จริงซึ่งพิมพ์ไว้ในช่อง "TO FLY" ของแผ่นปรับแก้

๔. ลงรายละเอียดตามที่ต้องการทางด้านหลังของแผ่นปรับแก้ซึ่งแสดงดังรูป ฉีกส่วนทางด้าน "TO FLY STEER" ออกจากแผ่นปรับแก้ แล้วลอดไว้ในช่องสำหรับใส่แผ่นปรับแก้เข็มทิศซึ่งอยู่ใกล้ ๆ กับเข็มทิศของ บ.เก็บส่วนที่เหลือไว้เป็นหลักฐานต่อไป



วิธีจับเข็มทิศที่ถูกต้อง

<u>การตรวจและการบำรุงรักษา</u> การตรวจและการบำรุงขั้นฝูงบินให้กระทำได้เพราะเปลี่ยนหลอดไฟที่เสียตรวจสอบระบบการให้แสงสว่างของเข็มทิศ ตรวจสอบและทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน การเปลี่ยนเข็มทิศที่ชำรุด เข็มทิศจะต้องถูกถอดออกและเปลี่ยนใหม่ ถ้าตรวจพบว่าอยู่ในสภาพอย่างหนึ่งอย่างใด ตามหัวข้อ ข้างล่างนี้

๑. น้ำยาสกปรก

๒. มีฟองอากาศอยู่ในตัวเรือน

๓. ขีดสเกลบอกทิศสกปรกหรือสีเรืองแสงที่ทำไว้หลุดออก

๔. LUBBER LiNE หลวมหรือไม่อยู่ในแนวตั้งฉาก

๕. ตัวเรือนร้าว ชิ้นยึดตัวเรือนกับแผงเครื่องวัดแตก

๖. แผ่นป้ายชี้ทิศหมุนเคลื่อนที่ไม่คล่อง ทำการตรวจสอบได้โดยใช้แม่เหล็กถาวรเล็ก ๆ ล่อ

๗. เข็มทิศไม่อาจจะปรับแก้ให้ความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์กำหนดได้

การตรวจและการบำรุงรักษาในขั้นบำรุงการบิน จะประกอบด้วยการ BENCH CHECK และการซ่อมเล็ก โดยทั่ว ๆ ไปการ BENCH CHECK กระทำเพื่อตรวจทดลอง CARD ERROR,FRICTION ERROR,BALANCE,OVER SEING,DAMPING,AND HEELiNG ERROR การดำเนินการทดลองและเกณฑ์กำหนดความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของเข็มทิศแต่ละแบบไม่เหมือนกัน ฉะนั้นจะต้องยึดถือตาม T.O ของเข็มทิศแบบนั้นเป็นหลัก สำหรับการซ่อมเล็กเป็นการตรวจซ่อมที่ไม่อนุญาตให้ถอดชิ้นส่วนภายในของเข็มทิศ อนุญาตให้ทำการเติมน้ำยาเข็มทิศได้ถ้ามีอุปกรณ์และรู้จักวิธีทำ เข็มทิศจะต้องเติมน้ำยาโดยจุ่มเข็มทิศทั้งตัวเรือนลงในภาชนะซึ่งบรรจุน้ำยาเต็ม และอยู่ใน VACUUM CHAMBER เพื่อป้องกันมิให้น้ำยาหดตัว และเกิดฟองอากาศขึ้นใจขณะที่ทำการบินอยู่ที่ระยะสูง ๆ การดำเนินการเติมน้ำยาจะต้องทำตาม T.O ของเข็มทิศแบบนั้น ๆ

SLAVED GYRO MAGNETIC COMPASS (HYROSYN)

ระบบเข็มทิศชนิด GYROSYN ที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป คือแบบ J – 1 และ J – 2 ใน ทอ.ไทย ปัจจุบันใช้แบบ J – 2 การทำงานแบบ J – 1 และ J –2 มีลักษณะเหมือนกัน

ความมุ่งหมายในการติดตั้งระบบนี้กับ บ.เพื่อจะให้ชี้แสดงทิศทางของ บ.ถูกต้องแน่นอนยิ่งขึ้น เครื่องวัดซึ่งติดตั้งอยู่ที่แผงเครื่องวัดจะทำงานโดย อำนวยการของไจโรที่มีแกนหมุนอยู่ในแนวราบ และแนวแกนหมุนของไจโรนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามเส้นแรงแม่เหล็กโลก ซึ่งอำนวยผ่าน TRANSMITTER ที่ติดตั้งอยู่ในระบบนี้ TRANSMITTER จะทำหน้าที่เหมือนกับเข็มทิศแม่เหล็กซึ่งจะไปบังคับให้แกนหมุนของไจโรหันเหไปในทิศทางของสนามแม่เหล็กโลกในแนวเส้นเมอริเดียน

โดยปกติ SIGNAL ของ DIRECTIONAL GYRO ของระบบ GYROSYN COMPASS สามารถจะนำไปใช้กับเครื่องวัด ๓ เรือน และถ้าใช้ AMPLIFIER ชนิดพิเศษก็จะนำไปใช้กับเครื่องวัดได้ถึง ๖ เรือน ในปัจจุบันระบบนี้ได้ถูกนำไปใช้ในระบบ AUTOPILOT ซึ่งแต่เดิมใช้ FLUX GATE COMPASS ทั้งนี้ก็เพราะว่าระบบนี้มีน้ำหนักเบากว่า และต้องการ การบำรุงรักษาน้อยกว่าระบบ FLUG GATE COMPASS แต่อย่างไรก็ดีระบบ FLUX GATE COMPASS ก็ดีกว่าระบบ GYROSYN COMPASS ตรงที่ว่าสามารถทำให้อ่านและแก้มุม VARIATION ได้ ทำให้เครื่องวัดชี้แสดง TRUE GEADING แต่สำหรับ GYROSYN COMPASS ----- จะชี้แสดง MAGNETIC HEADING

ระบบ GYROSYN COMPASS ประกอบด้วย

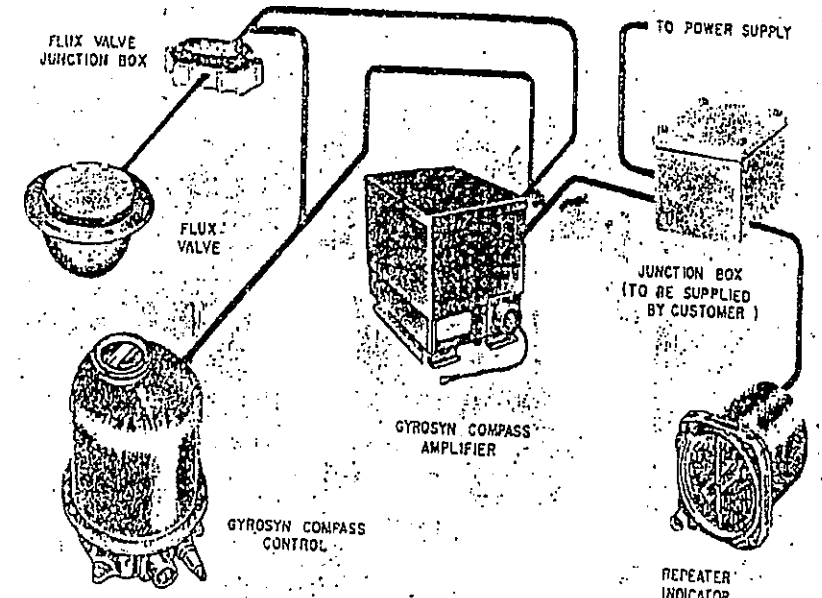
๑. เครื่องวัด ๑ เรือน หรือมากกว่า

๒. DIRECTIONAL GYRO CONTROL ๑ เรือน

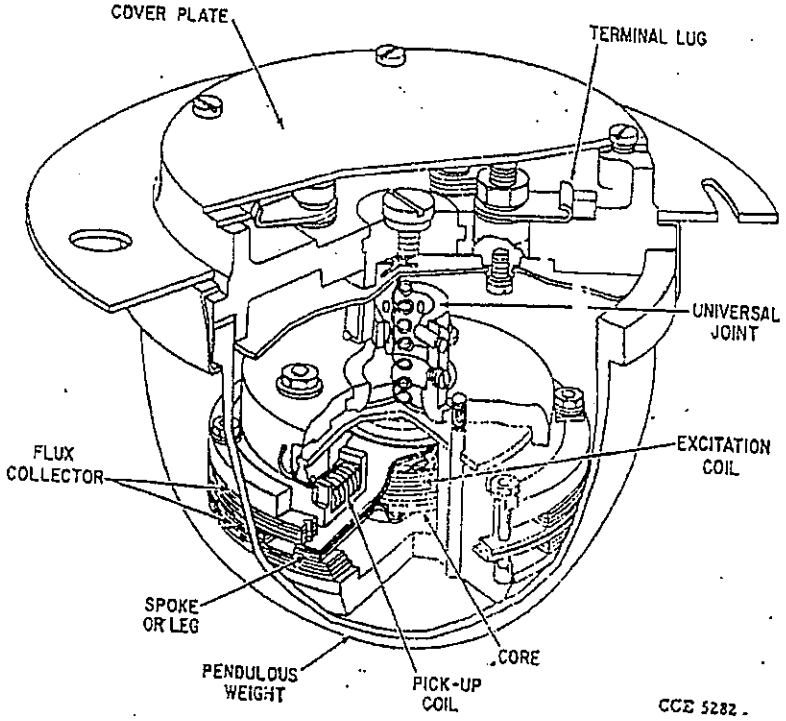
๓. AMPLIFIER ๑ เรือน (ถ้าใช้เครื่องวัดมากกว่า ๓ เรือน AMPLIFIER ต้องใช้แบบ TWO CHANNEL AMPLIFIER)

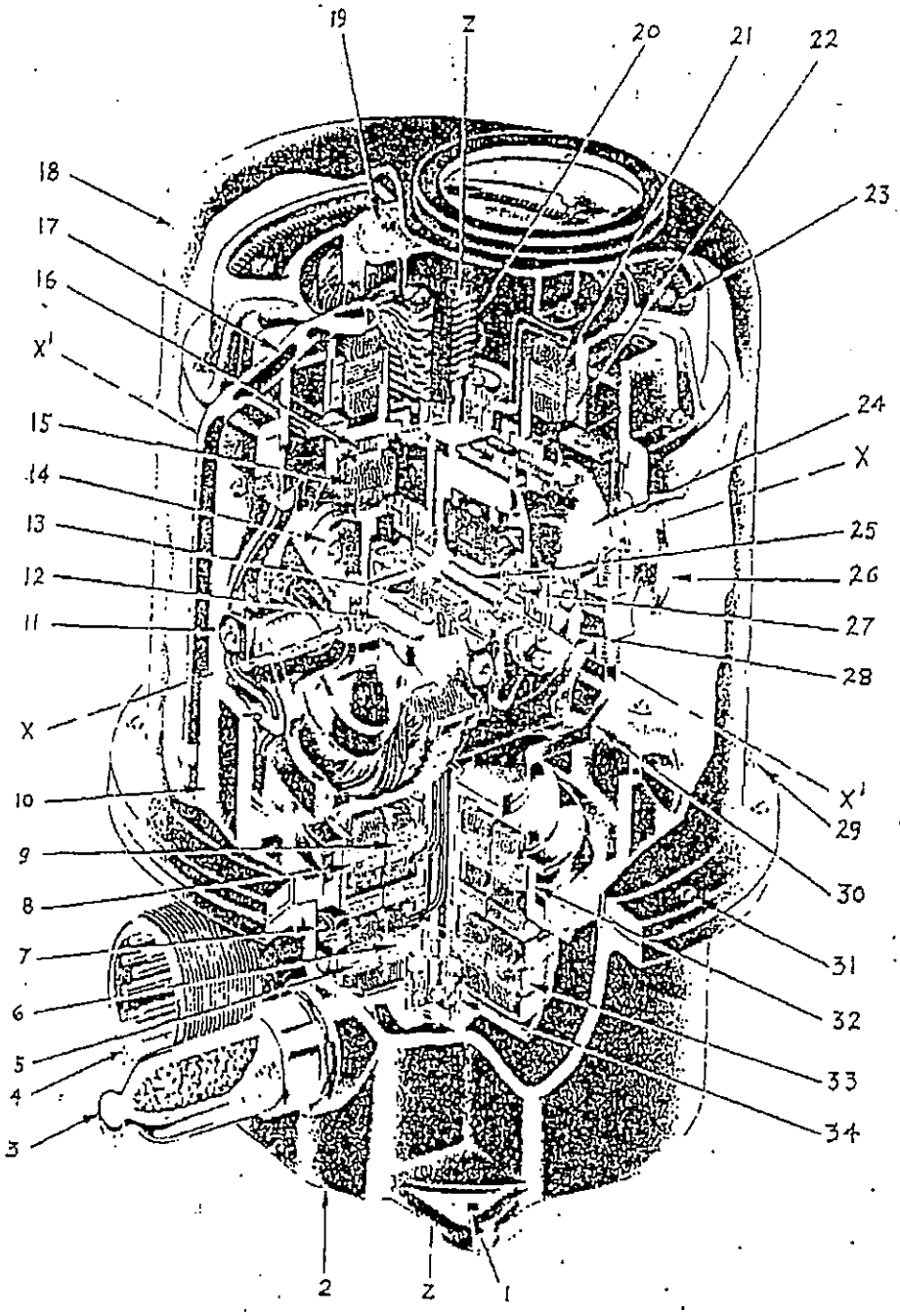
๔. REMOTE COMPASS TRANSMITTER

๑. <u>TRANSMITTER</u> เป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งที่ใช้ในการถ่ายทอดทิศทางของเข็มทิศ ทำหน้าที่ดักทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กโลก และส่งต่อไปยัง DIRECTIONAL GYRO CONTROL ทางระบบไฟฟ้า ภายในประกอบด้วย FLUX VALVE มีรูปเป็นครึ่งวงกลม ภายใน FLUX VALVE ประกอบด้วย SPIDER ประกอบกันเป็นรูปตัว Y ติดตั้งให้แกว่งตัวอยู่บน UNIVERSAL JOINT และจุ่มอยู่ใน DAMPING FLUID เพื่อป้องกันการแกว่ง ขณะบิน TRANSMITTER ใช้กำลังไฟ 23.5 V. 400 CYCLES.

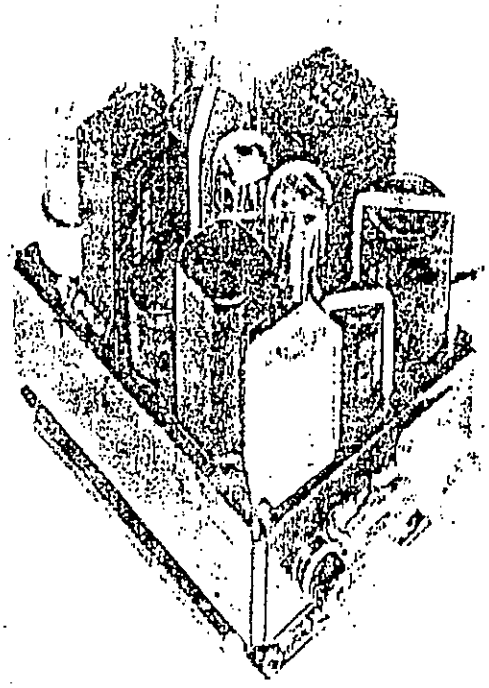

FLUX VALVE
JUNCTION BOX
FLUX
VALVE
TO POWER SUPPLY
JUNCTION BOX
(TO BE SUPPLIED
BY CUSTOMER)
GYROSYN COMPASS
AMPLIFIER
GYROSYN COMPASS
CONTROL
REPEATER
INDICATOR

MODEL C-4

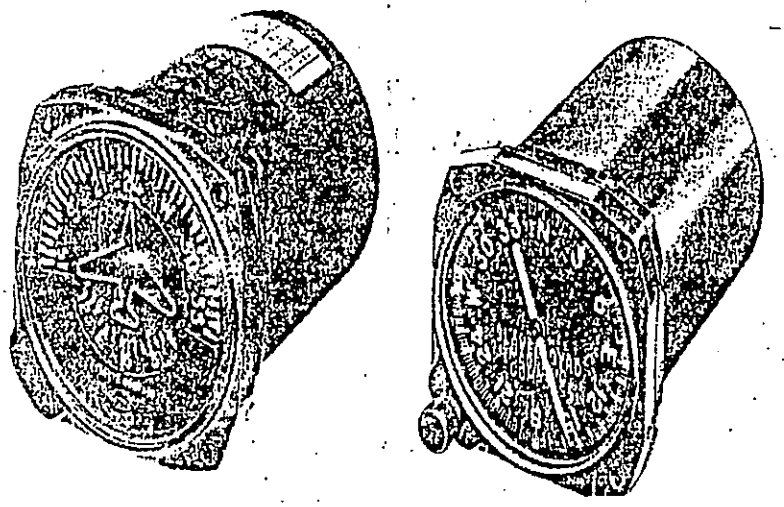

COVER PLATE
TERMINAL LUG
UNIVERSAL
JOINT
EXCITATION
COIL
FLUX
COLLECTOR
SPOKE
OR LEG
PENDULOUS
WEIGHT
PICK-UP
COIL
CORE
CCE 5282



Cutaway view of Gyrosyn compass. (1) Mounting hole; (2) base; (3) dehydrator plug (Silica-Gel); (4) electrical receptacle; (5) flux-valve synchro stator; (6) flux-valve synchro rotor; (7) terminal-block assembly; (8) heading synchro stator; (9) heading synchro rotor; (10) frame; (11) pivot contact assembly; (12) gyro rotor; (13) gyro stator; (14) slaving-torque-motor stator bracket; (15) slaving-torque-motor stator; (16) slaving-torque-motor squirrel cage; (17) electric cable; (18) outside cover; (19) guard cover; (20) slip-ring assembly; (21) leveling-torque-motor stator; (22) leveling-torque-motor squirrel cage; (23) dial; (24) gyro housing cover; (25) gyro shaft; (26) balance weight; (27) gyro rotor ball bearing; (28) balance weight; (29) cover locating pin; (30) vertical ring; (31) cover screw; (32) heading synchro; (33) flux-valve synchro; (34) vertical-ring bearing; (X) longitudinal axis; (X') lateral axis; (Z) vertical axis.



Gyrosyn amplifier.



Gyrosyn repeater indicators.

๒. DIRECTIONAL GYRO CONTROL มีหน้าที่ส่ง MAGNETIC SENSE ที่ถูก SLAVED จากสนามแม่เหล็กโลก ซึ่งได้รับจาก TRANSMITIER ชุด GYRO นี้จะถ่ายทอดทิศทางที่ได้รับไปให้แก่เครื่องวัด อีกต่อหนึ่ง GYRO CONTROL ประกอบด้วยชุด LIQUID LEVEL ASSEMBLY, LEVELING TORQUE MOTOR, SLAVING TORQUE MOTOR, HEADING SYNCHRO และ FLUX VALVE SYNCHRO ทำงานด้วยระบบไฟฟ้า 115 V.A.C.400 CYCLES,3 PHASE. GYRO หมุนด้วยความเร็วประมาณ 23,500 R.P.M. ในแนวราบ มีขีดจำกัดในการเอียงทางแนวราบได้ ๘๕°

๒.๑ LIQUID LEVEL ASSY ประกอบด้วยหลอดแก้วบรรจุน้ำยา ELECTORLITE ไว้เกือบเต็ม (มีที่ว่างไว้เพื่อการทำงานของระบบและการขยายตัวของน้ำยา) ภายในมี CONTACT อยู่ ๓ อัน CONTACT อีกหนึ่งจุ่มอยู่ในน้ำยาตลอดเวลาต่อลง GROUND ส่วน CONTACT อีก ๒ อันซึ่งอยู่ตอนปลายหลอดแก้ว แต่ละข้างจะแตะกับน้ำยาเพียงใดขึ้นอยู่กับแนวแกนหมุนของ GYRO เมื่อ GYRO หมุนอยู่ในแนวระดับ ช่องว่างอากาศจะอยู่กึ่งกลางพอดีโดยสัมพันธ์กับปลายทั้ง ๒ ของ CONTACT ทำให้กระแสไหลไปยังชุด CONTROL FIELD WINDING ทั้ง ๒ ของ LEVELING TORQUE MOTOR เท่ากัน TORQUE ที่เกิดขึ้นใน TORQUE MOTOR จะเท่ากัน และกระทำกันในทิศทางตรงกันข้ามแต่เมื่อ GRYO เอียง น้ำยาในหลอดแก้วไม่สมดุลย์กระแสก็จะไหลไปยัง CONTROL FIELD WINGDING ทั้ง ๒ ไม่เท่ากันเป็นเหตุให้เกิด DIFFERENTIAL TORQUE กระทำโดยรอบแกนดิ่ง จากคุณสมบัติของ GYRO ทำให้ GRYO ถูก PRECESS กลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิมอีก

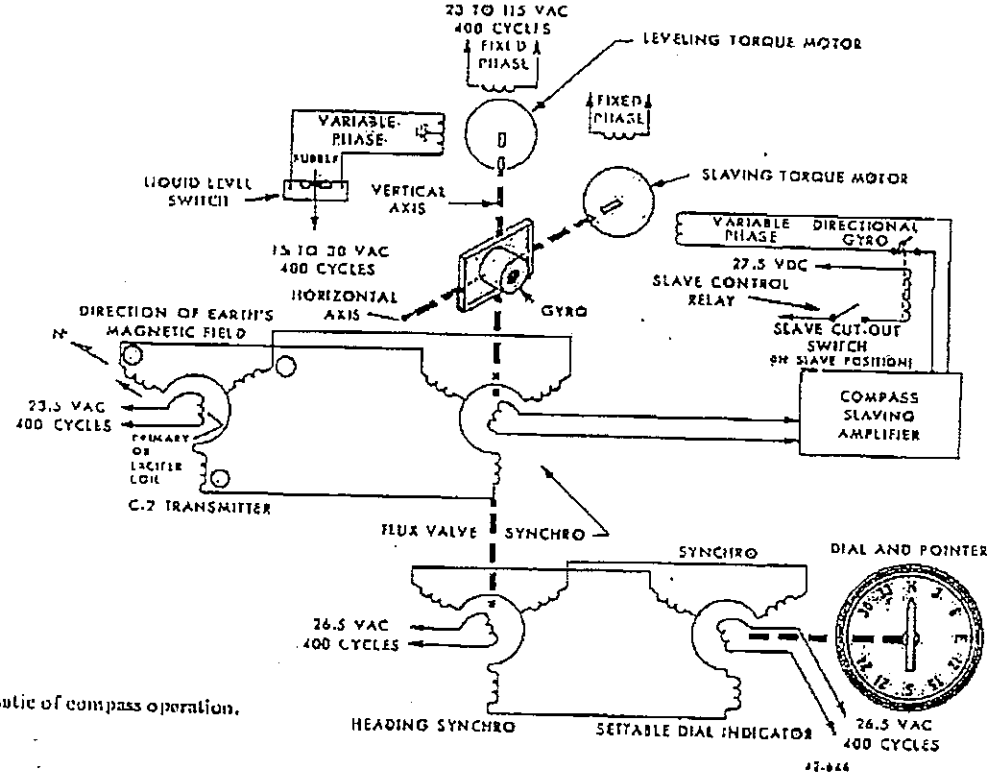
๒.๒ LEVELING TORQUE MOTOR เป็น MOTOR ชนิด TWO – PHASE INDUCTION เป็นแบบที่ทำให้เกิด TORQUE รอบแกนดิ่ง มีแกนหมุนอยู่ในแนวแกน VERTICAL ประกอบด้วย STATOR ยึดติดอยู่ตอนบนของ VERTICAL RING และ SQUIRREL GAGE ROTOR ยึดอยู่ตอนบนของ UNIT จะถูกทำงานโดย LIQUID LEVEL SWITCH, MOTOR จะทำให้เกิด TORQUE ในทางรอบแกนดิ่งไปกระทำต่อแกนการหมุนของไจโรให้กลับไปอยู่ในแนวระดับ

๒.๓ SLAVING TORQUE MOTOR เหมือนกับ MOTOR ชนิด TWO – PHASE มีแกนหมุนอยู่ในแนวแกนระดับ (ตั้งฉากกับแนวแกนหมุนของ LEVELING TORQUE MOTOR ประกอบด้วย STATOR ซึ่งยึดอยู่กับ GYRO HOUSING และ SQUIRREL – GAGE MOTOR ยึดอยู่กับ VERTICAL RING ตัว MOTOR จะทำให้เกิด TORQUE ในแนวระดับ ทำงานเมื่อได้รับ OUTPUT จาก AMPLIFIER ซึ่งได้รับ SIGNAL VOLTAGE จาก ROTOR ของ FLUX VALVE SYNCHRO และทำให้เกิด TORQUE ไป PRECESS ให้ไจโรมีแนวการหมุนสัมพันธ์กับทิศทางของแม่เหล็กโลก

๒.๔ HEADING SYNCHRO เป็น ROTOR ตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวแกนหมุนหรือต่อต้านการหมุนทำให้เกิดความสัมพันธ์ในการเคลื่อนที่ระหว่าง ROTOR และ STATOR ของ HEADING SYNCHRO ในเมื่อ บ.เคลื่อนที่ในแนวแกน VERTICAL การเคลื่อนที่นี้เป็นไปโดยระบบไฟฟ้าและถูกถ่ายทอดไปยังเครื่องวัด

๒.๕ SEITABLE DIAL INDICATOR สเกลหน้าปัดของเครื่องวัดจะชี้แสดงทิศทางของขั้วแม่เหล็กโลก ซึ่งสัมพันธ์กับทิศทางที่ บ. กำลังบินอยู่ เครื่องวัดประกอบด้วย SYNCHRO MOTOR ๑ ตัว มีขดลวด STATOR ต่อแบบ วาย ยึดติดอยู่กับตัวเรือน SYNCHRO ----- ส่วน MOTOR หมุนได้เป็นอิสระ ขดลวด STATOR จะได้รับแรงเคลื่อนชักนำจากขดลวด STATOR ของ HEADING SYNCHRO ----- ซึ่งประกอบอยู่ใน DIRECTION GYRO CONTROL ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น สนามแม่เหล็กนี้จะทำให้ ROTOR จัดตัวของมันให้อยู่ในแนวเดียวกับเส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดทั้งสามของ STATOR

ปุ่ม "SET COURSE" อยู่ตอนล่างด้านซ้ายทางตอนหน้าตัวเรือน หมุนได้โดยผ่านชุดเฟืองทด ๓. ๓. AMPLIFIER ชุด AMP. นี้มีหน้าที่ ๒ หน้าที่คือส่ง SIGNAL ที่ได้รับมาจาก ROTOR ของ FLUX VALVE SYNCHRO และป้องกันการผลิต PHASE ดังนั้นมันจะควบคุมทิศทางและ TORQUE ใน SLAVING TORQUE MOTOR หน้าที่อีกอย่างหนึ่งคือส่งแรงเคลื่อนสูงสำหรับกำหนดระยะเวลาให้การทำงานในการตั้งระดับและแก้การเหวี่ยงและทิศทางที่เคลื่อนที่ของ GYRO



Schematic of compass operation.

การทำงาน ดังได้กล่าวมาแล้วว่าระบบการทำงานของ GYROSYNCOMPASS นี้ประกอบด้วย REMOTE COMPASS, TRANSMITTER, AMPLIFIER, DIRECTIONAL GYRO CONTROL และ INDICATOR ดังนั้นการทำงานของระบบจะเกี่ยวเนื่องกันตลอดทั้งระบบ

สมมุติว่าในขณะที่ บ.บินเปลี่ยนทิศทางไปจากเดิม ตัว GYRO หรือ ROTOR ซึ่งหมุนอยู่ก็จะถูกกระทำให้หันเหไปตามหลักของ RIGIDITY และ PRECESSION ของ GYROSCOPE ให้พิจารณาถึงความสัมพันธ์กันทางวงจรไฟฟ้าของระบบ (ดังรูป) ระหว่าง HEADING SYNCHRO และ INDICATOR จะ

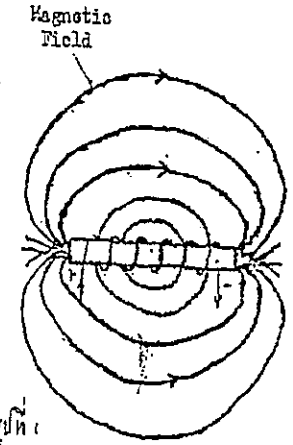
เห็นว่า STATOR ของ HEADING SYNCHRO ต่อเนื่องกันอยู่ทางวงจรของ DIRECTIONAL GYRO CONTROL และมันจะทำงานโดยหันเหตามทิศทางที่ บ.หันเหไปเสมอ ขณะที่ บ.เปลี่ยนทิศทางไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ VOLTAGE ใน STATOR ของ REMOTE COMPASS TRANS SIGNAL ก็จะถูกส่งต่อไปยัง FLUX VALVE SYNCHRO ใน DIRECTIONAL GYRO CONTROL ทำให้ ROTOR ของ FLUX VALVE SYNCHRO เคลื่อนที่ด้วยก็จะเกิด INDUCE VOLTAGE ขึ้นในวงจร SIGNAL จะถูกถ่ายทอดไปยัง AMPLIFIER SIGNAL นี้จะถูกขยายและถ่ายทอดไปยัง CONTROL FIELD ของ SLAVING TORQUE MOTOR ขึ้นอยู่ใน DRIECTIONAL GYRO CONTROL MOTOR จะทำงานทำให้เกิด TORQUE ขึ้นใน HEADING SYNCHRO --- ไป PRECESS ให้ไจโรกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม

๔. การทำงานของ REMOTE COMPASS TRANSMITTER

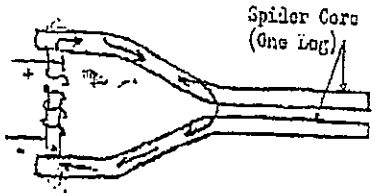
๑. เมื่อมีกระแสไหลผ่าน COIL ก็จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นดังรูป ๑ เส้นแรงแม่เหล็กจะไหลผ่านแกนโลหะได้ง่ายกว่าแกนอากาศ CORE ซึ่งเป็นศูนย์กลางของ COIL เป็นที่รวมของสนามแม่เหล็กและเป็นที่เพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก เพื่อที่จะควบคุม INDUCE MAGNETIC FIELD ซึ่งจะนำไปใช้งานต่อไป รูปร่างของ CORE (รูป ๑) ใน FLUX VALVE เราเรียกว่า SPIDER CORE มีอยู่ ๓ อัน ทำมุมกับ ๑๒๐° เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นใน CORE นี้ จะเกิดขึ้นในทิศทางที่มีความต้านทานน้อยที่สุด และจะผ่านไปยัง SPIDER สมมุติว่าในขณะนี้ไม่มีกระแสไหลและ SPIDER มี RELUCTANCE ต่ำ เส้นแรงแม่เหล็กของโลกที่ไหลผ่าน CORE จะเป็นเส้นโค้ง (ดังรูป ๓) ถ้าอำนาจการเป็นแม่เหล็กของ SPIDER CORE สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงจากสูงและต่ำได้ดีแล้วดังนั้นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นใน SPIDER CORE ก็จะหุบเข้าและกางออกเป็นปฏิภาคต่อการเปลี่ยนแปลงของ RELUCTANCE ถ้าเราพันขดลวด SECONDARY รอบ ๆ SPIDER CORE (ดังรูป ๔) และเมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวด PRIMARY 500 CYC. ก็จะมีผลเกิดขึ้นอีกกระแสซึ่งจ่ายให้ขดลวด PRIMARY จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ SPIDER ในทิศทางหนึ่ง (ตามลูกศรรูป ๔) จะมิทศทางตรงกันข้ามเมื่อขั้วของ COIL เปลี่ยนไป

๒. ปรากฏการนี้จะเกิดขึ้น ๔๐๐ ครั้งต่อ ๑ วินาที วัตถุประสงค์ของกำลังไฟ A.C.ที่จ่ายให้ PRIMARY COIL ก็เพื่อที่จะเปลี่ยนค่า RELUCTANCE ของ SPIDER เมื่อกระแสของขดลวด PRIMARY เป็น ๐ ที่จุด X (ของรูป ๕ ก.) SPIDER จะมีค่า RELUCTANCE ต่ำที่สุด และจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กโลกที่ไหลผ่าน SPIDER นี้จะมีค่าสูงสุด

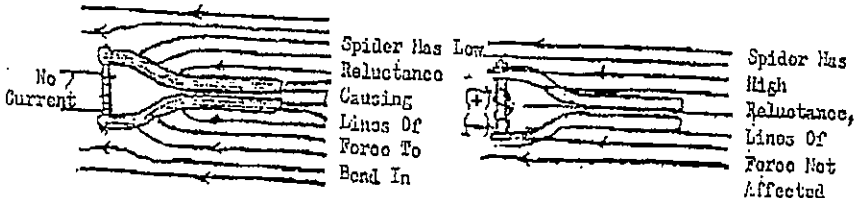
๓. เมื่อกระแสในขดลวด PRIMARY เพิ่มขึ้นจาก ๐ ค่า RELUCTANCE ของ SPIDER ซึ่งความสัมพันธ์กับบรรยากาศภายนอกก็จะเพิ่มขึ้น จะกระทำให้เส้นแรงแม่เหล็กโลกที่ไหลผ่าน SPIDER น้อยลง เมื่อกระแสไหลผ่านสูงขึ้นมาถึงจุด Y (รูป ๕ ก.) SPIDER ก็จะถึงจุดอิ่มตัว RELUCTANCE ก็จะมีค่ามากที่สุด และเส้นแรงแม่เหล็กโลกก็จะมีค่าเท่ากับจุดเริ่มต้นที่เกิดใน SPACE ในลักษณะเช่นนี้มันจะตัดขดลวด SECONDARY และทำให้เกิดกระแสชักนำ (INDUCE COURRENT) ขึ้นในขดลวด (รูป ๕ ค)



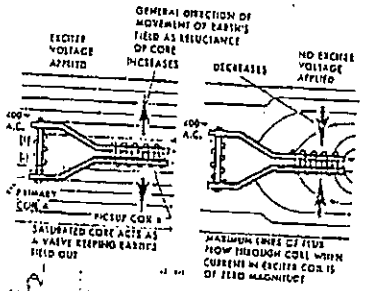
รูปที่ 1
Magnetic Field Of a Current Carrying Coil.



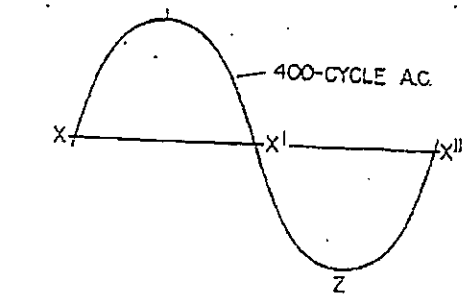
รูปที่ 2. Spider Core.



รูปที่ 3 Alternation Of Reluctance.

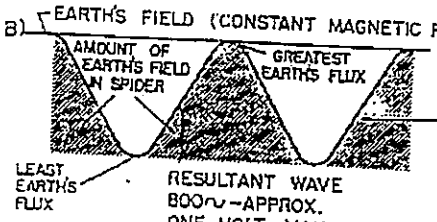


รูปที่ 4 Movement of earth's magnetic liner.



VARYING MAGNETIC FORCE

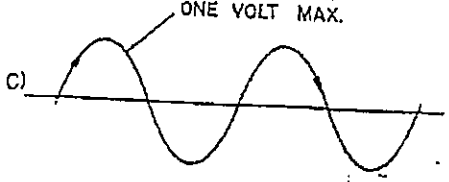
400-CYCLE EXCITATION A.C. APPLIED TO PRIMARY COIL IN FLUX VALVE



CONSTANT MAGNETIC FORCE

AND

MAGNITUDE OF EARTH'S FIELD IN SPIDER RESULTING FROM 400∿ A.C.

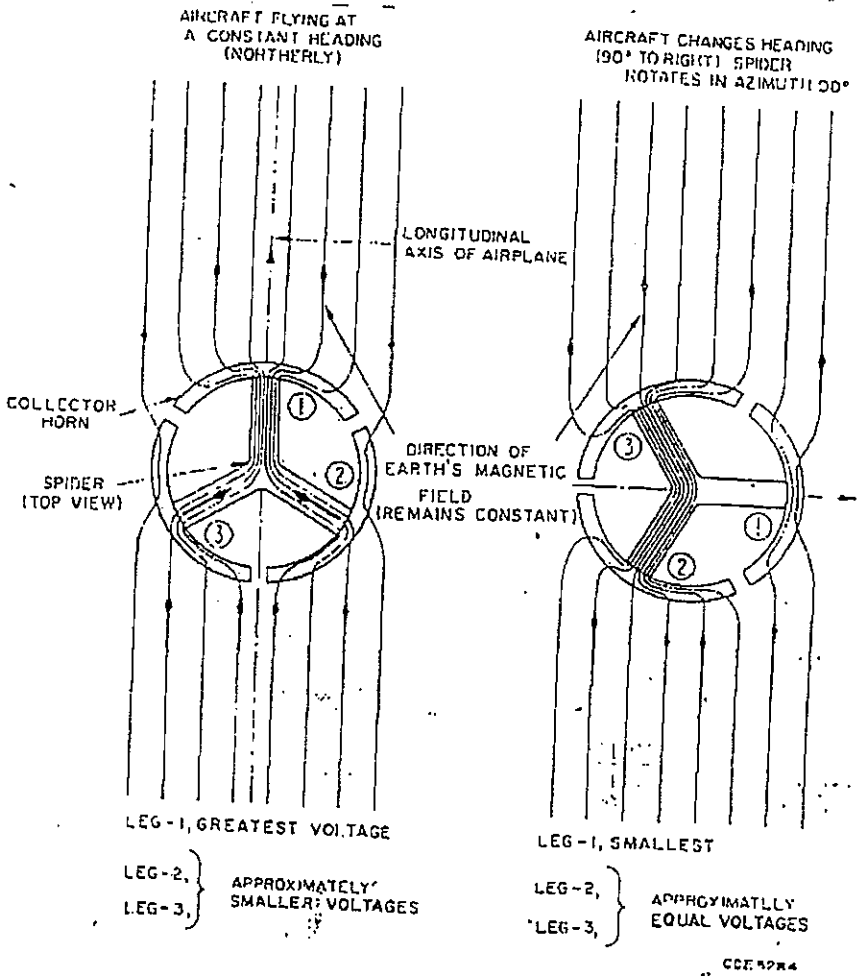


FINAL RESULTANT SIGNAL

RESULTANT WAVE AFTER FILTERING OF INDUCED SIGNAL IN SECONDARY COILS (3 LEGS). APPLIED AS INPUT TO COMPASS AMPLIFIER.

CCE 1012

รูปที่ ๔ . Frequency doubling.



CCE 1284

บทที่ ๙
วิชา ระบบเครื่องวัดชนิดไจโร
ระบบสุญญากาศ

ระบบสุญญากาศติดตั้งกับ บ. เพื่อความมุ่งหมายที่จะใช้อากาศซึ่งเข้ามาแทนที่อากาศที่ถูกดูดออกจากตัวเรือนเครื่องวัดโดยให้อากาศที่เข้ามาแทนที่นี้ เป่าโรเตอร์ให้หมุนด้วยความเร็วสูงระบบที่ใช้กับเครื่องวัดไจโรชนิดขับเคลื่อนด้วยลม คือ เครื่องวัดเลี้ยวเอียง เครื่องวัดขอบฟ้าจำลองและเครื่องวัดไจโรทิศทาง อากาศ ซึ่งเข้ามาแทนที่อากาศที่ถูกดูดออกจากตัวเรื่องเครื่องวัดจะผ่านนมหนูเล็ก ๆ ตรงไปยังกลีบของโรเตอร์ และสามารถบังคับความเร็วของอากาศที่เข้ามาได้ตามต้องการโดยการปรับ SUOTION RELIEF VALVE ระบบสูญอากาศของ บ. แบบ หนึ่ง ๆ อาจจะต่างกันบ้างแต่การทำงานคงเป็นไปตามหลักเดียวกัน

<u>ส่วนประกอบ VACUUM PUMP</u> คืออุปกรณ์ที่ทำให้เกิดสุญญากาศ PUMP ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนมากเป็นแบบ ROTARY, FOUR VANE ซึ่งทำงานได้ไม่ว่าจะหมุนตามนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา แต่การต่อท่อทางจะต่อกลับกัน PUMP ติดตั้งอยู่กับ ย. ฉะนั้น PUMP จะทำงานตลอดเวลาที่ ย. ทำงาน ระหว่างทำงาน PUMP จะต้องได้รับการหล่อลื่นตลอดเวลา ทางรูระบาย (ความดันออก) ของ PUMP ปกติต่อกับระบบ DE – ICING (หรือสำหรับ บ. บางแบบใช้ต่อกับระบบที่ต้องการความดันลมไปใช้) และจะมี AIR – OIL SEPERATOR ติดตั้งไว้ระหว่าง PUMP และระบบ DE – ICING ทั้งนี้เพราะว่าน้ำมันหล่อลื่น ที่หล่อลื่น PUMP จะผสมกับอากาศออกทารูระบายนี้ AIR OIL SEPERATOR จะทำหน้าที่กรองน้ำมันหล่อลื่นออกจากอากาศ และส่งกลับไปยัง CRANK CASE ป้องกันมิให้น้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในระบบ DE – ICING

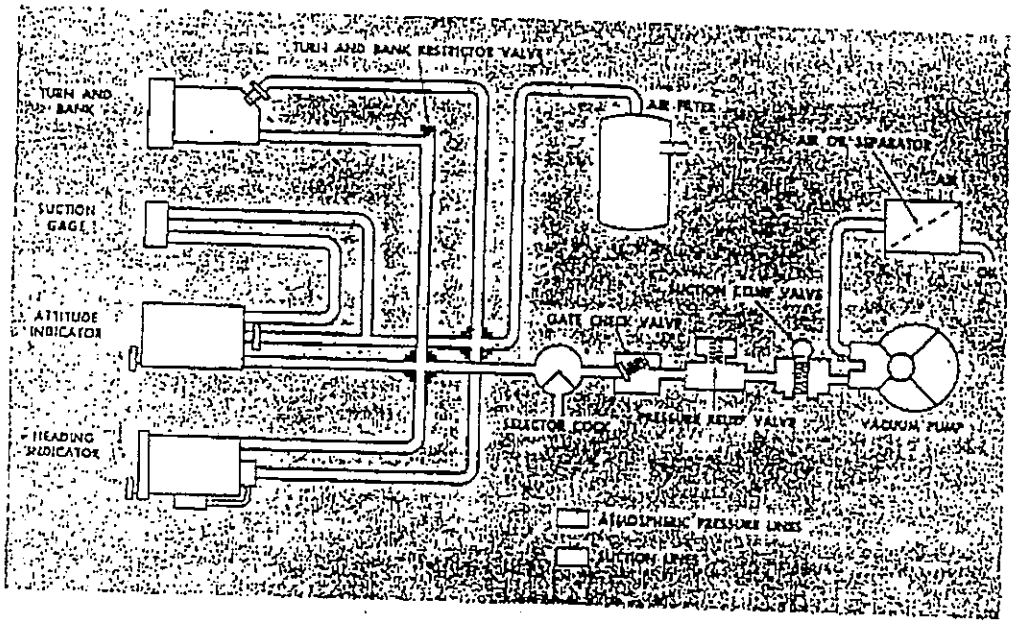
สำหรับ บ.ชนิด ๒ เครื่องยนต์หรือมากกว่าจะมี PUMP ติดตั้งไว้เท่ากับจำนวน ย.แต่ในขณะใช้งานระบบสุญญากาศระบบหนึ่งจะใช้ VACUUM PUMP เพียงตัวเดียว ฉะนั้นจะมี PUMP SELECTOR VALVE ติดตั้งอยู่ภายในลำตัว บ.ใกล้นักบินหรือผู้ใช้ เพื่อให้สามารถเปลี่ยนใช้ PUMP ตัวอื่นในเมื่อ PUMP ที่ใช้งานอยู่ขัดข้อง

<u>VACUUM RELIEF VALVE</u> ติดตั้งอยู่ใกล้ VACCUM PUMP เพื่อความมุ่งหมายให้ทำหน้าที่ปรับแรงดูดให้ได้ตามที่ต้องการใช้กับเครื่องวัดที่ต้องการแรงดูดมากที่สุด (ปกติประมาณ IN.HG.) ลิ้นนี้ส่วนมากเป็นชนิด SPRING LOADED,DISE TYPE TYPE RELIEF VALVE หน้าที่ของแผ่นจากทำหน้าที่ เป็นลิ้นอยู่ติดกับตะแกรงกรองอากาศโดยแรงดันของขดลวดสปริง และจะปรับแรงดันได้โดย ADJUSTING NUT ซึ่งอยู่ดอนบนของตัวเรือน VACUUM RELIEF VALVE ถ้าแรงดูดมากเกินเกณฑ์ที่ปรับ มันจะถูกระบายผ่าน SPRING LOADED VALVE โดยลิ้นจะเปิดยอมให้ความดันบรรยากาศภายนอกผ่านตะแกรงกรองเข้ามาใน

ท่อทาง ภายหลังที่ได้ทำการปรับแรงดูดปรับแรงดูดจนได้ตามต้องการแล้ว ให้ห้ามลวดเพื่อป้องกันมิให้แป้นเกลียวเคลื่อนที่การติดตั้งกับ บ. VACUUM RELIEF VALVE จะต้องอยู่ในลักษณะคว่ำหน้าลง เพื่อให้สิ่งสกปรกต่าง ๆ มาจับที่ตะแกรงกรอง

CHECK VAVLE ติดตั้งอยู่ในระบบสุญญากาศ ทั้งนี้เพราะในการติด ย. และ ดับ ย. อาจจะเกิดการดีกลับของ ย. ซึ่งจะทำให้ VACUUM PUMP หมุนกลับทาง ท่อทางสุญญากาศ จะเปลี่ยนเป็นท่อทางความดัน CHECK VALVE จะทำหน้าที่ปิดมิให้ความดันเข้าเครื่องวัดในขณะที่ PUMP ไม่ทำงาน CHECK VALVE อยู่ในตำแหน่งปิด

PRESSURE RELIEF VALVE ติดตั้งอยู่ระหว่าง VACUUM RELIEF VALVE และ CHECK VAVLE เพื่อทำหน้าที่ระบายความดันออก ในขณะที่ท่อทางสุญญากาศเปลี่ยนเป็นท่อทางความดัน PRESSURE RELIEF VALVE ปกติปรับให้เปิดที่ ๑๘ - ๒๐ PSI บ. บางแบบไม่จำเป็นต้องติดตั้ง PRESSURE RELIEF VALVE เพราะว่าปริมาตรของท่อทางระหว่าง PUMP และ CHECK VAVLE มากพอที่จะทำให้ท่อทางเป็นอันตรายเนื่องจากความดันที่เกิดขึ้น และสำหรับ บ.บางแบบ CHECK VALVE และ PRESSURE RELIEF VALVE ประกอบอยู่ในชุดเดียวกัน เรียกว่า BACK FIRE RELIEF VALVE.



Vacuum system with master air filter.

VACUUM CONTROL VALVE หรือ ROSTRICTOR ติดตั้งอยู่ในระบบสุญญากาศใกล้เครื่องวัดเลี้ยวเอียงเพื่อความมุ่งหมายให้ทำหน้าที่ปรับแรงดูดให้ลดลงเหลือประมาณ 2 IN.HG. เพื่อใช้กับเครื่องวัดเลี้ยวเลียง

AIR FILTER ถ้าเครื่องวัดที่ติดตั้งกับ บ. เป็นแบบที่ไม่มีตะแกรงกรองอากาศประกอบอยู่กับตัวเรือนเครื่องวัดแต่ละเรือน ระบบสุญญากาศจำเป็นจะต้องติดตั้ง AIR FILTER เพื่อทำหน้าที่กรองอากาศที่จะเข้าเครื่องวัดทั้งหมด

VACUUM SELECTOR VALVE ติดตั้งอยู่ในระบบนี้เพื่อใช้ตรวจสอบแรงดูดของเครื่องวัดขอบฟ้าจำลองและเครื่องวัดเลี้ยวเอียง ลิ้นนี้เป็นแบบ TOGGLE VALVE มี ๓ ตำแหน่ง คือ ON – OFF – ON ที่ด้านหน้ามีแผ่นป้ายบอกตำแหน่ง การใช้งานคือ "FLIGHT IND" และ "BANK & TRUN IND" เมื่อ VALVE อยู่ที่ตำแหน่ง "FLIGHT IND" SUCTION GAGE จะอ่านค่าแรงดูดของเครื่องวัดขอบฟ้าจำลอง และเมื่อ VALVE อยู่ที่ตำแหน่ง "BANK & TURN IND" SUCTION GAGE จะอ่านค่าแรงดูดของเครื่อง'วัดเลี้ยวเอียง เมื่อ VALVE อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางจะเป็นตำแหน่ง "OFF"

SUCTION GAGE บ.ส่วนมากจะมี SUCTION GAGE ติดตั้งอยู่แผงเครื่องวัดมีท่อทางต่อกับเครื่องวัดขอบฟ้าจำลอง เพื่อแสดงค่าของความดันที่ลดลงของเครื่องวัดขอบฟ้าจำลองหรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าเครื่องวัดนี้เป็นเครื่องวัดความดันแตกต่างระหว่างความดันภายในตัวเรือนเครื่องวัดขอบฟ้าจำลองและความดันของอากาศก่อนที่จะเข้าตัวเรือนเครื่องวัด ความแตกต่างของความดันนี้จะอ่านเป็น IN.HG. ระยะสเกลของเครื่องวัด 0-10 IN.HG.

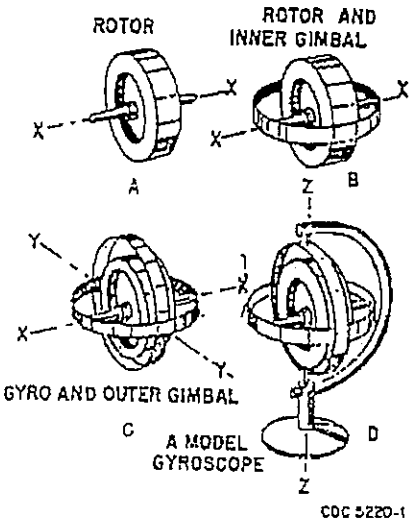
หลักการ GYROSCOPE

ผู้ขับขี่รถยนต์สามารถจะไปให้ถึงจุดหมายปลายทางได้โดยอาศัยภูมิประเทศรอบ ๆ ตัว และในทำนองเดียวกัน การบินในขณะที่มีทัศนะวิสัยดี นักบินก็อาจจะบังคับ บ.ให้ไปถึงที่หมายได้โดยอาศัยภูมิประเทศเช่นเดียวกับผู้ขับรถยนต์ แต่ในกรณีที่นักบินจำเป็นต้องบินในสภาพอากาศที่เลวมีเมฆหมอกทึบ ไม่สามารถจะมองดูภูมิประเทศข้างล่างได้นักบินจะต้องมีวิธีใดวิธีหนึ่งที่จะต้องยึดถือเพื่อบังคับ บ.ให้บินอยู่ด้วยความปลอดภัย เพราะในขณะนี้นักบินไม่สามารถจะทราบได้แน่นอนว่า บ.กำลังบินอยู่ในลักษณะใด ในสมัยแรกนักบินใช้ความรู้สึกของตนเองบังคับให้ บ. อยู่ในระดับ แต่ความรู้สึกนี้อาจจะหลอกตัวเองได้ เพราะมันเป็นเพียงสภาวะของสัมผัสประสาทเท่านั้นในเวลาต่อมานักบินได้อาศัยดูสายอากาศของ บ. แต่ก็เป็นการไม่สะดวกและปลอดภัยนัก จนกระทั่งเครื่องวัดชนิด GYROSCOPE ได้วิวัฒนาการขึ้น จึงได้นำหลักการนี้มาใช้กับ บ.ทั้งนี้ก็เพราะการหมุนของโรเตอร์ของ GYROSCOPE เป็นวิธีการที่เหมาะสม และแน่นอนในการใช้เป็นเครื่องอ้างอิงลักษณะท่าทางของ บ.ในขณะทำการบิน

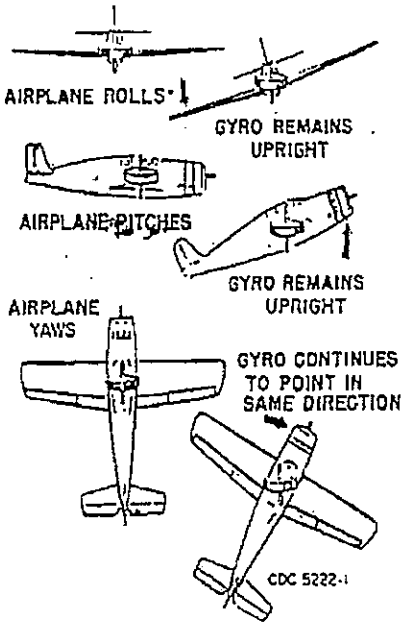
GYROSCOPE ประกอบด้วยสิ่งที่จำเป็น คือ ลูกล้อหรือลูกข่าง (ROTOR) ที่ได้ดุลติดตั้งอยู่บนแกนและจัดให้หมุนอยู่ด้วยความเร็วสูง ในการใช้งาน ROTOR จะถูกติดตั้งอยู่ในระบบ GIMBAL ตามรูป ROTOR หมุนเป็นอิสระรอบแกน X (LONGITUDINAL AXIS) บน GEARING ซึ่งประกอบกับ INNER GIMBAL RING ตัว INNER GIMBAL RING หมุนเป็นอิสระอยู่รอบแกน (LATERAL AXIS) บน PIVOT ของ OUTER GIMBAL RING และตัว OUTER GIMBAL RING หมุนเป็นอิสสระอยู่รอบแกน Z(VERTICAL AXIS) บน PIVOT ของโครงยึด (SUPPORT) เมื่อ บ.อยู่ในตำแหน่งปกติแกนทั้งสามนี้จะตั้งฉากซึ่งกันและ

กันโดยแนวแกนทั้งสามจะตัดกันที่จุดศูนย์ถ่วงของโรเตอร์ ตัว GIMBAL อาจจะมีลักษณะเป็นวงกลม สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือรูปใดก็ตาม สิ่งที่จำเป็นก็คือจะต้องจัดให้ GIMBAL หมุนได้คล่องมีความฝืดน้อยที่สุด โดยการติดตั้งให้หมุนอยู่ใน BEARING หรือ PIVOT

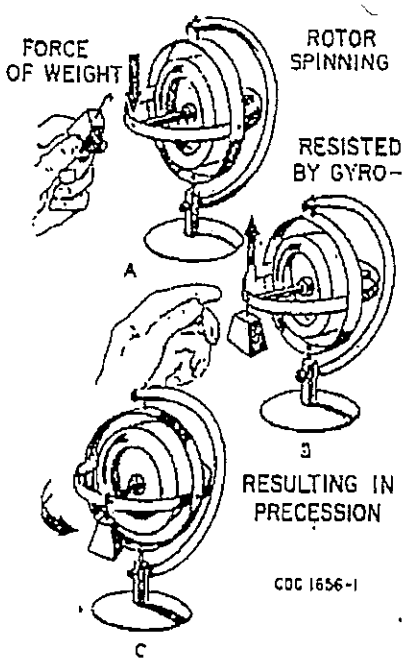
ในขณะที่โรเตอร์ซึ่งได้ดุลและหมุนอยู่ด้วยความเร็วสูง มันจะแสดงคุณสมบัติ ของ GYROSCOPE ตามการประกอบ GIMBAL RING กับ ROTOR คือ



Elements of a gyro.



The gyro as a reference.



Gyroscopic precession.

๑. RIGIDITY เป็นคุณสมบัติของไจโรเมื่อทำการติดตั้งโรเตอร์กับ GIMBAL RING ๒ อัน ทำให้โรเตอร์ หมุนเป็นอิสระได้ทั้ง ๓ แกน (LATERAL, LONGITUDINAL & VERTICAL AXIS) ตัวโรเตอร์จะแสดงคุณสมบัติ GYROSCOPE โดยจะหมุนอยู่ในแกนหมุนของมันตลอดเวลา ไม่ว่าจะมีแรงใด ๆ มากระทำต่อแนวแกนทั้ง ๓ ของโรเตอร์ ก็ตาม หลักอันนี้เรียกว่า "RIGIDITY" ซึ่งนำมาใช้กับเครื่องวัดขอบฟ้าจำลองและเครื่องวัดไจโรทิศทาง การติดตั้งให้ไจโรหมุนเป็นอิสสระได้ทั้ง ๓ แกนนี้ เราเรียกว่าเป็นการติดตั้งแบบ

๒. PRECESSION เป็นคุณสมบัติของไจโร เมื่อทำการติดตั้งโรเตอร์กับ GIMBAL RING อันเดียว ทำให้โรเตอร์หมุนเป็นอิสสระได้ ๒ แกน โรเตอร์แสดงคุณสมบัติของ GYROSCOPE คือ เมื่อมีแรงใดแรงหนึ่งมากระทำเพื่อจะให้โรเตอร์เปลี่ยนแปลงแนวแกนหมุน ณ จุดนั้นจะเกิดแรงปฏิกิริยาขึ้นทันที พร้อมกันนี้จะเกิดแรงขึ้นใหม่ห่างจากแรงเดิมไปตามทิศทางการหมุนของโรเตอร์ ๙๐° ทำให้โรเตอร์เปลี่ยนแปลงแนวการหมุนตามแรงที่เกิดขึ้นใหม่นี้คุณสมบัติของไจโรอันนี้เรียกว่า "PRECESSION" จำไว้ว่าทิศทางที่ไจโร PRECESS ไป ขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงที่มากระทำต่อไจโรและทิศทางการหมุนของไจโร เช่นในการทำงานโรเตอร์หมุนทวนนาฬิกา มีแรงกระทำที่ปลายแกนทางขวาของโรเตอร์ในทิศทางดันขึ้น โรเตอร์จะไม่เปลี่ยนทิศทางการหมุนไปตามแรงที่มากระทำนี้ แต่จะเกิดแรงขึ้นอีกแรงหนึ่งห่างจากแรงเดิม ๙๐° มากระทำให้แกนของโรเตอร์หมุนไปตามนาฬิกา เรานำเอาหลักนี้มาใช้กับเครื่องวัดเลี้ยวเอียง การติดตั้งให้ไจโรหมุนเป็นอิสสระได้ ๒ แกน เราเรียกการติดตั้งแบบนี้ว่า SEMI - UNIVERSAL

โรเตอร์อาจจะหมุนได้โดยใช้กระแสไฟฟ้าหรือลม สำหรับไจโรชนิดไฟฟ้าตัวโรเตอร์จะเป็นส่วนหนึ่งของโรเตอร์ และหมุนอยู่ด้วยความเร็วที่ต้องการเมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าและสำหรับไจโรชนิดขับเครื่องด้วยลมภายในตัวเรือนเครื่องวัดจะถูกลดความดันลงมีช่องทางให้ความดันของอากาศภายนอกเข้าไปแทนที่ผ่านรูนมหนูไปปะทะกลีบของโรเตอร์ทำให้โรเตอร์หมุน

เครื่องวัดไจโรชนิดขับเคลื่อนด้วยลม

๑. เครื่องวัดเลี้ยวเอียง (TURN & BANK INDICATOR)

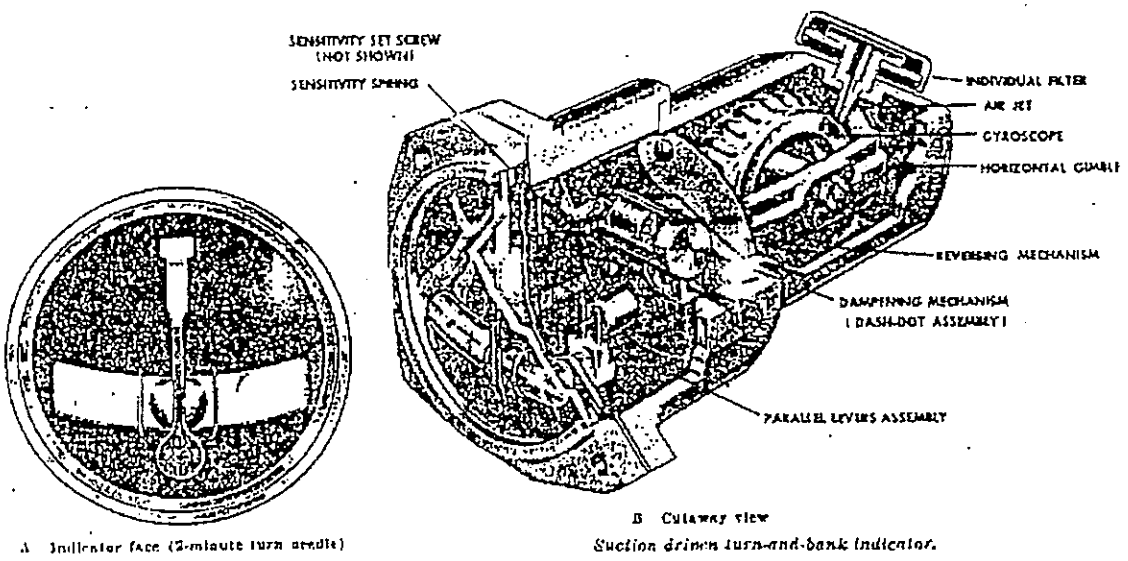
เครื่องวัดเลี้ยวเอียงเป็นเครื่องวัดในทางการบิน ๒ ชนิดรวมอยู่ในตัวเรือนเดียวกัน ความมุ่งหมายในการติดตั้งเครื่องวัดนี้ก็เพื่อช่วยให้นักบินสามารถบังคับ บ. ให้บินอยู่ในแนวตรง และเมื่อทำการเลี้ยวก็สามารถเอียง บ.ได้มุมพอดี ไม่ทำให้ บ.เกิดการ SLIP หรือ SKID

๑.๑ <u>เครื่องวัดเลี้ยว</u> คือเครื่องวัดที่ชี้แสดงทิศทางการเลี้ยวและอัตราการเลี้ยวของ บ.เป็นองศาต่อนาที เมื่อเข็มชี้อยู่ที่จุดกึ่งกลางแสดงว่า บ.กำลังเคลื่อนที่อยู่ในแนวตรง ถึงแม้ว่า บ.กำลังเซ ไถ่ ดำ หรืออยู่ในลักษณะใด ถ้าเป็นการเคลื่อนที่ในแนวตรงแล้ว เข็มชี้จะชี้อยู่ที่จุดกึ่งกลางเสมอ แต่ถ้าเข็มชี้เคลื่อนที่จากจุดกึ่งกลางจะแสดงให้ทราบว่า บ.กำลังเลี้ยวตามทิศทางที่เข็มชี้เคลื่อนที่ ระยะเข็มชี้เคลื่อนที่เป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราการเลี้ยงของ บ. เป็นองศาต่อนาที สเกลหน้าปัทม์ของเครื่องวัดไม่มีขีดสเกลให้เข็มชี้อ่านค่าออกมาเป็นองศาต่อนาที โดยปกติทั่ว ๆ ไปถือว่าเมื่อเข็มชี้เคลื่อนที่เท่ากับความกว้างของเข็มชี้จะเป็นการเลี้ยวด้วยอัตรา ๑๘๐ องศาต่อนาที

เครื่องวัดเลี้ยวทำงานโดยอาศัยหลักของ GYROSCOPE ในทาง PRECESSION ตัวโรเตอร์ติดตั้งอยู่แบบ SEMI - UNIVERSAL โดยการติดตั้งให้โรเตอร์หมุนอยู่รอบแกน LATERAL ของ บ. และ GIMBAL RING หมุนได้รอบแกน LONGITUDINAL ของ บ.ไม่มีการติดตั้งให้หมุนได้รอบแกน VERTICAL โดยการติดตั้งไจโรเช่นนี้ ไจโรจะเกิดการ PRECESS เมื่อมีการเคลื่อนที่รอบ VERTICAL เท่านั้น ไม่มีผลใด ๆ เกิดขึ้นเมื่อ บ. ไต่ดำหรือพลิกตัว

เครื่องวัดจะทำงานถูกต้อง เมื่อมีแรงดูด ๑.๘ – ๒.๐๕ นิ้ว – ปรอท อากาศที่เข้าในตัวเรือนจะผ่านรูนมหนูไปเป่าโรเตอร์ให้หมุนด้วยความเร็วประมาณ ๙,๐๐๐ รอบต่อนาที ขณะที่ บ.ทำการเลี้ยว (บ.เคลื่อนที่รอบแกน VERTICAL) โรเตอร์ของเครื่องวัดจะ PRECESS รอบแกน LONGITUDINAL ตามรูป สมมุติว่า บ. ทำการเลี้ยวขวา GIMBAL Ring จะ PRECESS ไปทางซ้ายซึ่งเป็นการเคลื่อนที่รอบแกน LONGITUDINAL เป็นเหตุให้ BALANCE PLATE หมุนทวนนาฬิกาที่ตอนล่างของ BALANCE PLATE มี RUBBER BUMPER และ PIN ยึดติดอยู่ PIN ยื่นออกมาอยู่ระหว่าง FORK การหมุนทวนนาฬิกาของ BALANCE PLATE จะเป็นเหตุให้ Pin เคลื่อนที่จากจุดที่อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง (แนวตั้งฉาก) ดัน FORK ให้เคลื่อนที่ FORK ยึดติดอยู่กับแกนเข็มชี้เคลื่อนที่ไปทางขวา แสดงทิศทางการเลี้ยวของ บ.ว่า บ.กำลังเลี้ยวขวาและจะชี้แสดงการเลี้ยวของ บ.ตลอดเวลาที่ บ.ทำการเลี้ยว เมื่อ บ.กลับมาบินอยู่ในแนวตรงแรงที่ทำให้ไจโรเกิด PRECESS จะหมดไป แรงดึงของ CENTRALIZE SPRING จะดึงกลไกเครื่องวัดทำให้เข็มชี้แสดงที่จุดกึ่งกลางตามเดิม PISTON และ CYLINDER ติดตั้งให้ทำงานสัมพันธ์กับ BALANCE PLATE โดย LINK และ ARM ซึ่งติดตั้งอยู่ตอนส่วนบนของ BALANCE PLATE จะทำหน้าที่ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่รายเรียบ

๑.๒ <u>เครื่องวัดเอียง</u> เป็นแบบ BALL TYPE ประกอบด้วยหลอดแก้วรูปโค้ง ภายในบรรจุลูกแก้วกลมสีดำเคลื่อนที่ได้และน้ำยาเพื่อให้เกิดการหน่วง (น้ำยาที่ใช้ปกติใช้ ALCOHOL 50% และ GLYCERIN 50%) ที่ปลายหลอดแก้วข้างหนึ่งทำให้สูงขึ้นเพื่อให้เป็นที่ว่าง สำหรับให้น้ำยาขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เครื่องวัดนี้ติดตั้งอยู่ในแนว LATERAL ของ บ.เมื่อ บ.เคลื่อนที่ในแนวตรงและแนวระดับ โดยน้ำหนักของลูกบอลล์จะทำให้มันอยู่ที่จุดกึ่งกลาง ถ้า บ.เคลื่อนที่ในแนวตรงและเอียงซ้าย ลูกบอลล์จะกลิ้งมาทางซ้ายและในขณะที่ บ. ทำการเลี้ยวโดยการเอียง บ.ด้วยมุมที่ถูกต้อง ลูกบอลล์จะคงอยู่ที่จุดกึ่งกลาง เพราะแรงเหวี่ยงที่เกิดขึ้นในขณะที่ บ.เลี้ยวซึ่งเป็นแรงที่พยายามจะเหวี่ยงลูกบอลล์เท่ากับแรง Gravity ของลูกบอลล์ (แรงเหวี่ยงจะทำให้ลูกบอลล์เหวี่ยงตัวสูงขึ้นจากจุดกึ่งกลางแต่แรง GRAVITY จะพยายามดึงให้ลูกบอลล์ต่ำลงมาจากจุดกึ่งกลาง)



ถ้าบอลล์ออกนอกจุดกึ่งกลางจะแสดงว่าในขณะเลี้ยว บ.ทำการเอียงด้วยมุมที่ไม่ถูกต้องซึ่งเป็นได้ ๒ ประการ คือ

๑. เอียงไม่พอ ลูกบอลล์เคลื่อนที่สูงขึ้น เนื่องจากแรงเหวี่ยงสูงกว่าแรง GRAVITY จะทำให้ บ.เกิดการ SKID

๒. เอียงมากเกินไป ลูกบอลล์เคลื่อนที่ต่ำลง เนื่องจากแรงเหวี่ยงน้อยกว่าแรง Gravity จะทำให้ บ. เกิดการ SLIP.

<u>การติดตั้ง</u> เครื่องวัดเลี้ยวติดตั้งอยู่ใกล้เครื่องวัดในทางการบิน ท่อทางแรงดูดจะต่อกับรูทางด้านล่างหรือด้านหลังเครื่องวัด (รูที่ไม่ได้ใช้ต้องปิดสนิท) ท่อทางอากาศเข้าจะต่อกับข้อต่อตอนบน สำหรับเครื่องวัดที่ใช้ AIR FILTER ภายนอก ท่อทางที่ใช้ต่อควรจะพยายามให้ตรงเท่าที่จะทำได้ การงอด้วยรัศมีน้อย ๆ ไม่ควรจะกระทำเพื่อช่วยลดการสั่นของท่อทางควรใช้ท่อที่อ่อนตัวได้ยาวประมาณ ๑๔ นิ้ว ต่อ

ระหว่างเครื่องวัดและท่อทางภายหลังที่ได้ต่อข้อต่อทั้งหมดแล้วให้ตรวจสอบอัตราแรงดูดของเครื่องวัดให้ได้ ๑.๘ – ๒.๐๕ นิ้วปรอท โดยการปรับ VACUUM CONTROL VALVE หรือการใช้ RESTRICTOR ต่อจากนั้นให้ตรวจการรั่วของข้อต่อ

<u>การบูรณะรักษา การตรวจก่อนบิน</u> ก่อนทำการติด ย.เข็มชี้ของเครื่องวัดเลี้ยวจะต้องอยู่ที่จุดกึ่งกลางยอมให้คลาดเคลื่อนได้ ± ๑/๖๔ นิ้ว การตรวจนี้เป็นการตรวจ Station Balance ซึ่งจะต้องทำการตรวจตั้งก่อนบินและตรวจประจำวัน

เมื่อ ย.เริ่มทำงาน เครื่องวัด SUCTION GAGE ชี้อ่านอัตราแรงดูดตามเกณฑ์กำหนด (๑.๘ – ๒.๐๕ นิ้ว ปรอท VACUUM SELECTOR VALVE อยู่ที่ตำแหน่ง BANK & TURN IND.)ภายหลัง ๕ นาที เข็มชี้เครื่องวัดเลี้ยวจะต้องอยู่ที่จุดกึ่งกลาง ÷ ๑/๖๔ นิ้ว การตรวจนี้เป็นการตรวจ DYNAMIC BALANCE

<u>การตรวจประจำ ๕๐ ชม.</u> เครื่องวัดเลี้ยวเอียงเป็นเครื่องวัดชนิดเดียวในจำพวกเครื่องวัดไจโรชนิดขับเคลื่อนด้วยลมที่ยอมให้ช่างฝูงบินหรือบำรุงการบินทำการหล่อลื่นเครื่องวัดได้ซึ่งจะกระทำได้ดังนี้ ถอดเครื่องวัดออกจากแผงเครื่องวัด ถอด OIL PLUG ที่ตัวเรือนเครื่องวัดวางเครื่องวัดบนโต๊ะให้ OIL PLUG อยู่ด้านบน ใช้ลวดที่สะอาดขนาด ๐.๐๑๕ นิ้ว จุ่มน้ำมันหล่อลื่นเครื่องวัด (SPEC.MIL-L- 78704) และหยดเข้าไปในรู BEARING 6-8 หยดถ้าการหล่อลื่นกระทำในที่อุณหภูมิต่ำกว่า ๐° ให้ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องวัด ๒/๓ ผสมกับน้ำมันเข็มทิศ ๑/๓ ส่วน การกระทำการหล่อลื่นนี้ให้ระมัดระวังอย่าให้น้ำมันหล่อลื่นเข้าไปที่ GIMBAL RING หรือ ROTOR ภายหลังการหล่อลื่นให้เครื่องวัดอยู่ที่ตำแหน่งนี้เป็นเวลา ๑๐ นาที แล้วจึงประกอบ OIL PLUG

ถอด DRAIN PLUG ซึ่งอยู่ทางด้านล่างตอนหน้าของตัวเรือน เพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นที่มากเกินไปและความชื้นที่มารวมตัวกันอยู่ถ่ายเทออกทางรูนี้แล้วประกอบ DRAIN PLUG

ถอด SCREEN และ FILTER ออกจากตัวเรือนเครื่องวัด (เครื่องวัดชนิดมีตะแกรงกรองอากาศประกอบอยู่กับตัวเรือน) ล้างให้สะอาดด้วยเบนซิน และทำให้แห้งแล้วประกอบเข้ากับเครื่องวัดตามเดิมต่อจากนี้ให้ติดเครื่องวัดกับแผงเครื่องวัด ต่อท่อทางและปรับแรงดูดให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อให้เครื่องวัดทำงานได้ถูกต้อง

<u>**การวินิจฉัยข้อขัดข้อง**</u>

ข้อขัดข้องข้อที่ ๑ ในการตรวจก่อนบินพบว่าเข็มชี้ของเครื่องวัดเลี้ยวไม่อยู่ที่จุดกึ่งกลางและคลาดเคลื่อนเกินเกณฑ์ที่กำหนด

สาเหตุ กลไกชำรุด

วิธีแก้ไข ถอดและเปลี่ยนเครื่องวัดใหม่

คำอธิบาย ข้อขัดข้องนี้มีสาเหตุที่เป็นไปได้หลายประการ ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบที่โรงงานการซ่อม สาเหตุที่อาจจะเป็นไปได้ เช่นการปรับเข็มชี้ไม่ถูก PIVOT ของโรเตอร์สึกหรือหลวม แรงกดของ CENTRALIZING SPRING มากเกินไป

ข้อขัดข้องข้อที่ ๒ ในการตรวจก่อนบินพบว่า SUCTION GAGE ชี้แสดงสูงกว่า ปกติและภายหลังทำการบินนักบินรายงานในแบบฟอร์มว่าเข็มชี้ของเครื่องวัดชี้แสดงช้า

สาเหตุ ตะแกรงกรองอากาศสกปรก

วิธีแก้ไข ถอดตะแกรงกรองอากาศล้างทำความสะอาดด้วยเบนซิน ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งและประกอบตามเดิม

คำอธิบาย ตะแกรงกรองอากาศสกปรกจะเป็นเหตุให้ SUCTION GAGE ชี้แสดงสูงกว่า ปกติ แรงดูดมีมาก แต่อากาศที่เข้าไปในตัวเรือนเครื่องวัดเข้าได้น้อยไม่พอเพียง จึงทำให้โรเตอร์หมุน ช้า เข็มชี้ของเครื่องวัดจึงชี้แสดงช้ากว่าปกติ

ข้อขัดข้องข้อ ที่ ๓ ในการตรวจก่อนบินพบว่า เข็มชี้ส่ายผิดปกติ

หาสาเหตุ BEARING สึก

วิธีแก้ไข ถอดและเปลี่ยนเครื่องวัดใหม่

คำอธิบาย โดยปกติการลดการสั่นของเครื่องวัดกระทำได้โดยการปรับ DAMPING ADJUSTING SCREW ซึ่งอยู่ทางด้านขวาใกล้ส่วนหน้าของเครื่องวัดมีอักษร "D" กำกับไว้และในการเพิ่มหรือลดความไวในการทำงานของเข็มชี้ปรับแก้ได้โดย SENSITIVITY ADJUSTING SCREW ซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายใกล้ส่วนหน้าของเครื่องวัดมีอักษร "S" กำกับไว้ แต่ถ้า PIVOT หรือ BEARING สึก การปรับแก้การสั่นของเข็มชี้ก็ไม่สามารถจะกระทำได้โดยสลักเกลียวปรับทั้งสองนี้

๒. เครื่องวัดขอบฟ้าจำลอง

เครื่องวัดขอบฟ้าจำลองเป็นเครื่องวัดที่ใช้ในทางการบิน เครื่องวัดนี้มีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษหลายชื่อคือ FLIGHT IND.GYRO HORIZON IND และ ARTIFICIAL HORIZON IND. ติดตั้งไว้เพื่อความมุ่งหมายให้นักบินได้ทราบลักษณะท่าทางของ บ.ที่คนทำการบินอยู่ว่ามีลักษณะสัมพันธ์กับพื้นโลกในแนวแกน LATERAL และ LONGITUDINAL อย่างไร

โดยการติดตั้งไจโรให้หมุนเป็นอิสสระได้ได้ทั้ง ๓ แกน และให้แกนหมุนของโรเตอร์หมุนอยู่ในแนวแกน VERTICAL เนื่องจากคุณสมบัติทาง RIGIDITY ของไจโรในขณะที่ บ.อยู่ในลักษณะ ROLL (บ.เคลื่อนที่รอบแกน LONGITUDINAL) หรืออยู่ในลักษณะ PITCH (บ.เคลื่อนที่รอบแกน LATERAL) ตัวโรเตอร์จะคงหมุนอยู่ในแนวแกน VERTICAL ทำให้เกิดการเคลื่อนที่สัมพันธ์ระหว่าง GYRO และตัวเรือนเครื่องวัดซึ่งแสดงให้เห็นทางด้านหน้าของเครื่องวัดโดยการเคลื่อนที่ระหว่าง บ.จำลองและขอบฟ้าจำลอง ความสัมพันธ์ของ บ. จำลองกับขอบฟ้าจำลองนี้จะชี้แสดงลักษณะท่าทางของ บ.ในทาง ROLL และ ทาง PITCH และในระหว่างทำการบินนี้ความรู้สึกของนักบินที่เกิดขึ้นจากการดู การชี้แสดงของเครื่องวัดขอบฟ้าจำลองจะมีความรู้สึกเหมือนกับความสัมพันธ์ระหว่างปีกของ บ.กับขอบฟ้าธรรมชาติทุกประการ

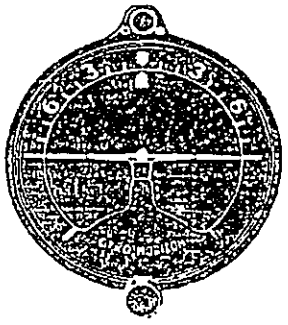
<u>ส่วนประกอบ</u> เครื่องวัดขอบฟ้าจำลองประกอบด้วยสวนประกอบไจโรและ PENDULUM UNIT กับส่วนประกอบ HORIZON BAR และ GIMBAL RING เมื่อนำส่วนประกอบทั้งสองนี้มาประกอบเข้าด้วยกันเราเรียกว่า SENSITIVE ELEMENT ASSY. ทั้งหมดบรรจุอยู่ในตัวเรือนชนิด AIR TIGHT

SENSITIVE ELEMENT ASSY ติดตั้งอยู่ในแนวแกน LONGITUDINAL บน PIVOT ของตัวเรือนเครื่องวัด เคลื่อนที่ได้เป็นอิสระจากแนวระดับของมัน (หมุนไปทางด้านข้างหรือรอบแกน LONGITUDINAL) ได้ ๑๐๐ องศา

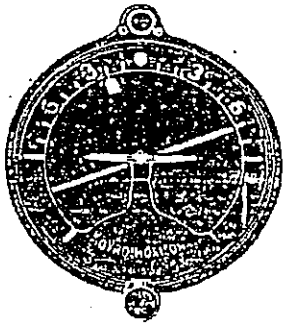
ส่วนประกอบไจโรและ PENDULUM UNIT ซึ่งใช้เป็นตัวอ้างอิงของเครื่องวัดติดตั้งอยู่ในแนวแกน LATERAL บน PIVOT ซึ่งยึดติดอยู่กับ GIMBAL RING เคลื่อนที่ได้เป็นอิสระจากแนวระดับของมัน (เคลื่อนที่รอบแกน LATERAL) ได้ ๗๐ องศา

โรเตอร์ติดตั้งให้หมุนอยู่รอบแกนซึ่งเอียงจากแนว VERTICAL 2 1/2 องศา แกนของโรเตอร์ สวมอยู่กับ BEARING ๒ ตัว ซึ่งประกอบอยู่ตอนบนและตอนล่างของ GYRO HOUSING ติดตั้งอยู่บน ROTOR SHAFT เพื่อใช้ปรับ BEARING LOAD และเมื่อเป็นตัวปรับแก้การหดตัวของ GYRO HOUSING ในขณะที่ทำงาน ณ ที่ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ

POINTER BAR สวมอยู่กับแกนซึ่งติดอยู่ทางด้านหลังของ GIMBAL RING POINTER GUIDE ARM ยื่นออกมาจาก GYRO HOUSING ผ่านช่องว่างรูปครึ่งวงกลมของ GIMBAL RING เข้าอยู่ภายในช่องว่างรูปสี่เหลี่ยมของ POINTER BAR , HORIZON BAR ซึ่งมองเห็นได้ทางด้านหน้าของเครื่องวัดยึดติดอยู่กับ POINTER BAR.

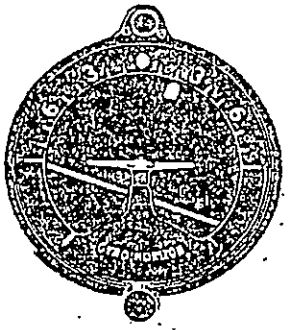


A. STRAIGHT AND LEVEL FLIGHT



C. 20° RIGHT BANK

B. GLIDING OR DIVING



D. CLIMBING IN 20° LEFT BANK

. Artificial horizon presentations of aircraft attitude.

หน้าปัทม์ของเครื่องวัดประกอบด้วย BANK POINTER ยึดติดกับ GIMBAL RING BEZEL DIAL ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของส่วนประกอบ BEZEL ประกอบด้วย บ.จำลอง BANK SCALE และ HORIZON BAR INDEX บ.จำลองปรับให้เลื่อนขึ้นลงได้โดยปุ่มปรับที่อยู่ตอนล่างทางด้านหน้าเครื่องวัด

ที่มุมขวาตอนล่างทางด้านหน้าเครื่องวัดมีปุ่มสำหรับ CAGED และ UNCAGED เครื่องวัดโดยทั่วไป ๆ ไป ที่ปุ่มมีเครื่องหมาย "PULL TO TURN" และที่ตัวเรือนข้างปุ่มมีเครื่องหมาย "ON" และ "OFF" ไจโรจะต้อง CAGED เพื่อให้ส่วนประกอบของ GYRO ถูกยึดเคลื่อนที่ไม่ได้เมื่อมิได้ติดตั้งอยู่กับ บ. ในขณะทำการขนส่ง หรือ ในระหว่างทำการบินผาดแผลงเกิดขีดกำหนดการทำงานของเครื่องวัด โดยทั่วไปมีขีดกำหนด ในการไต่หรือดำได้ไม่เกิน ๗๐ องศา และเอียงขวาหรือซ้ายได้ไม่เกิน ๑๐๐ องศา

เมื่อปุ่มอยู่ที่ตำแหน่ง "ON" เครื่องวัดจะทำงานเป็นอิสสระ และเมื่ออยู่ที่ตำแหน่ง "OFF" เครื่องวัดจะถูกยึดให้ไม่ทำงาน ที่ตำแหน่ง "OFF" นี้บริษัทสร้างบางบริษัทจะสร้างให้มีแผ่นป้ายสีแดง มีเครื่องหมาย "GAGED" กำกับไว้โผล่ออกมาให้มองเห็นจากหน้าปัทม์เครื่องวัดเครื่องหมายนี้จะเตือน ให้นักบินทราบว่าเครื่องวัดอยู่ในลักษณะ CAGED หรือ UNCAGED โดยเมื่อเครื่องวัดอยู่ในตำแหน่ง UNCAGED เครื่องหมาย CAGED จะไม่แสดงให้เห็น

ส่วนประกอบ PENDUM ASSY. มีหน้าที่บังคับให้ไจโรตั้งตรง ตั้งฉากกับพื้นโลกตลอดเวลาติดตั้งอยู่ตอนล่างของ GYRO GOUSING ตัว PENDULUM ยึด PENDULUM PLATE ๔ อัน โดยแกน ๒ แกน ซึ่งตั้งฉากซึ่งกันและกัน แกนอันหนึ่งอยู่ในแนวขนานกับแกน LONGITUDINAL ส่วนอีกแกนหนึ่งอยู่ในแนวขนานกับแกน LATERAL PLATE คู่หนึ่ง ๆ ซึ่งติดตั้งอยู่กับแกนทั้งสองนี้เคลื่อนที่ได้เป็นอิสสระ และโดยน้ำหนักของมัน แผ่น PLATE เหล่านี้จะอยู่ในแนว VERTICAL ตลอดเวลาด้านข้างของ PLATE แต่ละอันมีลักษณะเป็นคมมีด และที่ตัว PENDULUM ซึ่งอยู่ติดกับ PLATE ซึ่งมีส่วนที่เป็นคมมีดนี้เจาะเป็นช่องเล็ก ๆ ให้อากาศออกดำแหน่งของ PLATE จะสัมพันธ์กับช่องอากาศออกของตัว PENDULUM อากาศจะถูกบังคับให้ไหลออกทางช่องนี้ เมื่อ GYRO เอียงจะเกิดแรงปฏิกิริยาของอากาศที่ไหลผ่านช่องทางออกนี้ ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้ไจโรเกิดคุณสมบัติทาง PRECESSION ทำให้ไจโรกลับไปอยู่ในตำแหน่งตั้งฉากโดยอัตโนมัติ

<u>การขับเคลื่อนของโรเตอร์</u> เมื่ออากาศถูกดูดออกจากตัวเรือนด้วยอัตรา 4 + 1/4 นิ้ว ปรอท อากาศที่เข้าแทนที่จะผ่านเข้าทาง AIR FILTER ผ่าน AIR PIVOT ของ GIMBAL RING เข้าไปทางช่องของ GIMBAL RING ซึ่งทำเป็นโพรงไว้ผ่านเข้า ARI PIVOT ของ GYRO HOUSING ไปปะทะกลีบของโรเตอร์ทำให้โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูงประมาณ ๑๕,๐๐๐ รอบต่อนาที อากาศที่เข้าปะทะกลีบของโรเตอร์จะผ่านเข้า PENDULUM UNIT ซึ่งติดตั้งตอนส่วนล่างของไจโร ออกทางช่องเล็ก ๆ ๔ ช่องของ PENDULUM UNIT และถูกดูดออกไป

โรเตอร์ติดตั้งอยู่แบบ UNIVERSAL ฉะนั้นมันจะหมุนได้เป็นอิสสระทั้ง ๓ แกน เนื่องจากความเร็วในการหมุนของ ROTOR ส่วนประกอบไจโรและ PENDULUM UNIT จะอยู่ในลักษณะตั้งได้ฉากตลอดเวลาโดยไม่คำนึงถึงการเคลื่อนที่ของตัวเรือนเครื่องวัดซึ่งติดตั้งอยู่กับแผงเครื่องวัด

<u>ลักษณะของเครื่องวัดในระหว่างการบิน</u>

เมื่อ บ. เคลื่อนที่อยู่ในแนวตรงและระดับ ตัวไจโรอยู่ในแนว VERTICAL และ GIMBAL RING อยู่ในแนว HORIZON ในลักษณะนี้ HORIZON BAR จะอยู่ในแนวระดับกับ บ.จำลองและขนานกับ บ. จำลอง ชี้แสดงการไต่แต่ยังคงเป็นการเคลื่อนที่ในแนวตรง

เมื่อ บ.เอียงขวา ไจโรคงหมุนรอบแกน VERTICAL แต่จะเกิดการเคลื่อนที่รอบแกน LONGITUDINAL การเคลื่อนที่นี้เป็นการสัมพันธ์ระหว่าง GIMBAL RING และตัวเรือนเครื่องวัด จะแสดงว่า HORIZON BAR และ BANK POINTER เอียงไป ปีกขวาของ บ.จำลองจะต่ำกว่า HORIZON BAR ชี้แสดงการเอียงขวาด้วย BANK POINTER เป็นจำนวนองศาของการเอียง ในลักษณะที่ บ. เอียงขวาและเคลื่อนที่ในแนวตรง BANK POINTER จะอยู่ที่จุดกึ่งกลาง

เมื่อ บ.ดำลงและเอียงซ้าย จะเกิดความสัมพันธ์ในการเคลื่อนที่ทั้งแนวแกน LATERAL และ LONGITUDINAL จะปรากฏว่า HORIZON BAR สูงกว่า บ.จำลองและปลายข้างซ้ายของ HORIZON BAR จะสูงกว่าปลายข้างขวาของ บ.จำลอง HORIZON BAR

เครื่องวัดมีขีดจำกัดการทำงาน คือ เอียงขวาหรือซ้ายไม่เกิน ๑๐๐ องศา และไต่หรือดำไม่เกิน ๗๐ องศา

<u>การปรับแก้การเซของไจโร</u> ไจโรจะเซออกจากแนวการหมุนของมันเมื่อคิดเทียบกับพื้นโลกด้วยเหตุดังนี้

๑. ความฝืดของ และการไม่สมดุลย์เพียงเล็กน้อยของไจโรเป็นสิ่งที่ไม่อาจขจัดให้หมดไปได้

๒. การหมุนของไจโรซึ่งหมุนอยู่เป็นอิสสระนี้สัมพันธ์กับที่ว่างเปล่า (SPACR) ไม่สัมพันธ์กับพื้นโลก ฉะนั้นเนื่องจากการหมุนของโลกจะทำให้ไจโรไม่อยู่ในแนว VERTICAL กับพื้นโลก

ดังนั้นการที่จะให้ไจโรหมุนอยู่ในแนว VERTICAL เมื่อคิดเทียบกับพื้นโลกเพื่อใช้ขอบฟ้าจำลองเป็นเส้นอ้างอิงที่แน่นอนแทนขอบฟ้าของพื้นโลกจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์มาปรับแก้การเซที่เกิดขึ้นนี้ อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการปรับแก้การเซคือ "PENDULUM UNIT" ซึ่งนำมาติดตั้งไว้ที่ส่วนล่างของ GYRO HOUSING.

ถ้าไจโรเริ่มต้นเซจากแนว VERTICAL จะเกิดแรงขึ้นแรงหนึ่งโดยอัตโนมัติ ทำให้ไจโรกลับอยู่ในแนว VERTICAL แรงนี้เป็นแรงที่เกิดขึ้นโดยคุณสมบัติของไจโรในทาง PRECESSION.

ส่วนประกอบของ PENDULUM UNIT มี PENDULUM PLATE ประกอบอยู่ ๔ อัน PLATE เหล่านี้แต่ละอันยึดอยู่กับปลายของ SHAFT ๒ อัน SHAFT ทั้งสองนี้ติดตั้งให้แบ่งครึ่ง และตั้งฉากซึ่งกันและกัน SHAFT อันหนึ่งขนานกับแกน LONGITUDINAL และอีกอันหนึ่งขนานกับแกน LATERAL ปลาย PIVOT ของ SHAFT แต่ละอันเคลื่อนตัวได้อยู่ใน BEARING ของตัวเรือน PENDULUM คู่หนึ่ง ๆ ของ PLATE อาจจะปรับให้ได้ดุลย์โดยการปรับตำแหน่งของ BALANCE NUT บนสลักเกลียวซึ่งยึด PLATE ที่ตัว PENDULUM ใต้ PLATE แต่ละอันมีช่องเล็ก ๆ สำหรับให้อากาศออก

อากาศซึ่งไปขับโรเตอร์ให้หมุนจะระบายออกทางช่องทั้ง ๔ ปฏิกิริยาของอากาศขณะที่ไหลผ่านช่องทางออกนี้จะถูกนำมาใช้ในรูปของแรงกับตัว PENDULUM แผ่น PLATE โดยการติดตั้งและน้ำหนักของมัน มันจะทิ้งตัวอยู่ในแนว VERTICAL ตลอดเวลา

เมื่อไจโรหมุนอยู่ในแนว VERTICAL ด้านคมมีดของ จะแบ่งครึ่งทางออกแต่ละรูเท่า ๆ กันทั้ง ๔ รู แรงปฏิกิริยาของอากาศที่ไหลจากช่องทางออกจะเป็นปฏิภาคกับขนาดของช่องทางที่เปิด เมื่อรูทางออกเท่ากัน ผลลัพธ์ของแรงที่เกิดขึ้นแต่ละแกนจะเป็นศูนย์

เมื่อไจโรเอียง แผ่น PLATE จะคงอยู่ในแนว VERTICAL เนื่องจากแรง GRAVITY ในลักษณะเช่นนี้ แผ่น PLATE จะลดเนื้อที่ช่องทางออกทางด้านหนึ่ง และเพิ่มเนื้อที่ช่องทางอีกด้านหนึ่งซึ่งอยู่ตรงกันข้าม ฉะนั้นแรงปฏิกิริยาทางด้านเปิดให้อากาศออกมากจะเพิ่มขึ้น ส่วนทางด้านที่เปิดน้อยจะลดลงผลลัพธ์ของแรงที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ไจโรกลับมาอยู่ในแนว VERTICAL ตามเดิม โดยคุณสมบัติในทาง PRECESSION ของไจโร

ตัวอย่างเช่นไจโรเอียงจากตำแหน่งตั้งฉากไปทางด้านหน้าของเครื่องวัด แผ่น PLATE คู่ที่อยู่บนแกน LATERAL จะคงอยู่ในแนว VERTICAL ช่องอากาศออกทางด้านขวาของ PENDULUM จะเปิดและช่องอากาศทางซ้ายจะปิด แรงปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นทางช่องที่เปิด แรงนี้จะพยายามที่จะให้ไจโรเคลื่อนตัวรอบแกน Longitudinal แต่เนื่องจากคุณสมบัติทาง PRECESSION ของไจโรจะทำให้เกิดแรงขึ้นใหม่ไปตามทิศทางการหมุนของไจโร ๙๐ องศา กระทำต่อไจโร และเนื่องจากโรเตอร์หมุนทวนนาฬิกา (ดูจากด้านบน) แรงนี้จะกระทำต่อไจโรทางด้านหลังบนแกน LONGITUDINAL ทำให้ไจโรเคลื่อนที่รอบแกน LATERAL เมื่อไจโรเคลื่อนที่จกระทั่งอยู่ในแนว VERTICAL แผ่น PLATE ทั้งสองด้านจะแบ่งช่องอากาศออกเท่า ๆ กันแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเท่ากัน ฉะนั้นไจโรจะหยุดเคลื่อนที่

ถ้าไจโรและ GIMBAL RING เอียงจากตำแหน่งตั้งฉากไปทางขวารอบแกน LONGITUDINAL ช่องทางออกทางด้านหน้าจะปิดและด้านหลังจะเปิด แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทางด้านหลัง PENDULUM นี้จะเหมือนกับว่ามีแรงมากที่ขอบของโรเตอร์ทางด้านหน้า และจะเกิดแรงขึ้นใหม่ห่างจากจุดนี้ไปทางทิศทางการหมุนของโรเตอร์ ๙๐ องศา แรงนี้จะทำให้ไจโรเคลื่อนที่รอบแนวแกน LONGITUDINAL กลับมาอยู่ในแนว VERTICAL ตามเดิม

ในขณะ บ.ทำการเลี้ยวจะเกิดแรงมากกระทำต่อไจโร และ PENDULUM UNIT ซึ่งจะเป็นเหตุให้ไจโรถูก PRECESS ไปจากตำแหน่งตั้งได้ฉาก ผลอันนี้จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่าน เมื่อ บ.ทำการเอียงความคลาดเคลื่อนนี้จะแก้ได้โดยการติดตั้งแนวแกนหมุนของไจโรให้เอียงไปทางด้านหลัง ๒ ๑/๒ องศา ซึ่งเป็นการแก้แรงที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยวด้วยอัตรา ๑๘๐ องศาต่อนาที (อัตราการเลี้ยวมาตรฐาน) การเอียงไจโรไป ๒ ๑/๒ องศา กระทำโดยการปรับ BALANCE NUT ของ PENDULUM PLATE ซึ่งอยู่ในแนวแกน LATERAL ตัว PLATE จะแขวนห้อยอยู่เป็นมุม ๒ ๑/๒ องศากับแนว VERTICAL ช่องทางอากาศออกบนแกน LATERAL ทั้งสองข้างจะไม่เท่ากันเมื่อไจโรอยู่ในตำแหน่ง VERTICAL แต่จะเอียงเป็นมุม ๒ ๑/๒ องศา โดยการติดตั้งเช่นนี้ ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเอียง บ.ในขณะทำการเลี้ยวด้วยอัตรา ๑๘๐ องศา

ต่อนาทีจะไม่เกิดขึ้นเนื่องจากไจโรจะถูก PRECESS กลับมาอยู่ในแนว VERTICAL ทำให้การอ่านค่ามุมของการเอียง บ.ได้ถูกต้อง

<u>การติดตั้ง</u> เครื่องวัดจะต้องติดตั้งให้เครื่องวัดอยู่ขนานอยู่แนวแกน VERTICAL, LONGITUDINAL และ LATERAL ของ บ.มิฉะนั้นจะทำให้เครื่องวัดทำงานผิดพลาดซึ่งถ้าเครื่องวัดได้ทำการติดตั้งโดยถูกต้องแล้ว เครื่องวัดนี้จะมีอายุใช้งานได้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า ๔๐๐ ชม.

<u>การบูรณะรักษา การตรวจก่อนบิน</u> CAGED เครื่องวัดเพื่อให้ HORIZON BAR ถูกยึดอยู่ในแนวขอบฟ้าธรรมชาติ หมุนปุ่มปรับ บ.จำลองให้อยู่ในระดับเดียวกับ HORIZON BAR เมื่อทำการติด ย.แล้วให้เครื่องวัดอยู่ในตำแหน่ง CAGED จนกระทั่ง SUCTION GAGE 4 + ¼ IN.HG. เป็นเวลาประมาณ ๓ - ๕ นาทีซึ่งจะทำให้ ROTOR หมุนได้ความเร็วตามต้องการ UNCAGED เครื่องวัดแล้วตรวจดูตำแหน่งของ HORIZON BAR ซึ่งจะต้องอยู่ในตำแหน่งเดิม

ถ้า Suction GAGE ไม่ชี้แสดงตามเกณฑ์ให้ตรวจหาสาเหตุข้อขัดข้อง ข้อขัดข้องอันหนึ่งที่พบเสมอก็คือ SUCTION GAGE อ่านสูงเกินเกณฑ์ เนื่องจาก AIR FILTER สกปรกไม่ยอมให้อากาศผ่านโดยสะดวก ความเร็วของโรเตอร์จะลดลงทำให้เครื่องวัดทำงานได้ไม่แน่นอน

<u>การตรวจประจำ ๕๐ ชม.</u> ตรวจการยึดแน่นและสภาพเครื่องวัดและท่อทาง ตรวจ AIR FILTER ถ้าสกปรกให้เปลี่ยนใหม่ ถ้า CAGING KNOB ทำงานไม่คล่อง ให้ยอดน้ำมันหล่อลื่น เครื่องวัดที่ SHAFT 2 – 3 หยด

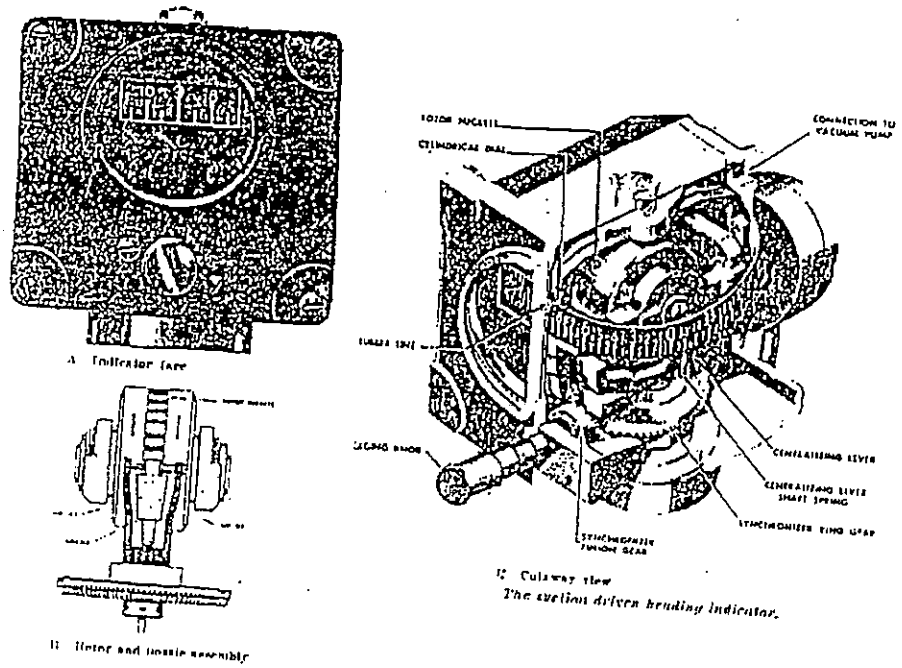
๓. เครื่องวัดไจโรทิศทาง

เครื่องวัดนี้มีชื่อเรียกกันในภาษาอังกฤษ ๒ อย่างคือ TURN IND และ DIRECTIONAL GYRO IND. ติดตั้งกับ บ.เพื่อใช้งานร่วมกับเครื่องวัดเลี้ยวเอียง เข็มทิศหรืออุปกรณ์ใด ๆ ที่ใช้งานเกี่ยวกับทิศทาง ผู้ใช้จำเป็นจำต้องหมุนปุ่มปรับตั้งเครื่องวัด เพื่อให้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ที่ต้องการ

ในการใช้งานร่วมกับเครื่องวัดเลี้ยวเอียง เครื่องวัดจะชี้แสดงให้นักบินทราบจำนวนองศาที่แน่นอนในขณะที่ทำการเลี้ยว เพราะไจโรหมุนอยู่กับที่ ซึ่งเข็มทิศแม่เหล็กธรรมดาไม่สามารถจะอ่านได้แน่นอน เมื่อ บ.ทำการเลี้ยวเนื่องจากเกิดการแกว่งมากเกินไป และในการใช้งานร่วมกับเข็มทิศนักบินก็สามารถจะอ่านทิศทางที่ บ. ทำการบินจากเครื่องวัดนี้ได้แน่นอนกว่าเข็มทิศแม่เหล็ก

<u>ส่วนประกอบ</u> ตัวเรือนเครื่องวัดบรรจุโรเตอร์ซึ่งติดตั้งอยู่แบบ UNIVERSAL มีแกนการหมุนอยู่ในแนวระดับ การเคลื่อนที่ของไจโรในแนวแกน LONGITUDINAL (การเลียงของ บ.) และแกน LATERAL (การไต่ , คำของ บ.)มีขีดจำกัด โดยทั่วไปกำหนดให้ไต่ดำหรือเอียงได้ไม่เกิน ๕๕ องศา บน Outer GIMBAL RING ติดตั้งแผ่นป้ายกลมไว้ในแนวระดับ แบ่งสเกล ๓๖๐ องศา ของแผ่นป้ายกลมออกเป็นขีด ขีดละ ๕ องศา ที่ด้านหลังเครื่องวัดมีรูอยู่รูหนึ่งมีอักษร "AIR INLET" กำกับไว้ เป็นทางให้อากาศภายนอกเข้าที่ด้านข้างทางด้านหลังเครื่องวัดมีรูอยู่ ๓ รู เป็นรูสำหรับเลือกต่อรูใดรูหนึ่งกับท่อทางสุญญากาศทางด้านหน้าของตัวเรือนเครื่องวัดติดตั้ง INDEX หรือ LUBBER LINE กับตัวเรือน เครื่องวัดใช้เป็นขีดอ่านองศา

ของเครื่องวัดทางตอนล่างด้านหน้าของตัวเรือนมีปุ่มสำหรับ CAGED เครื่องวัด เมื่อดันปุ่มนี้เข้าเครื่องวัดจะถูก CAGED และสามารถหมุนส่วนประกอบไจโรแผ่นป้านสเกล อ่านที่องศาใด ๆ ได้ตามต้องการเมื่อดึงปุ่มออกไจโรจะทำงานเป็นอิสระ



<u>การติดตั้ง</u> เครื่องวัดจะต้องติดตั้งให้เครื่องวัดขนานกับแนวแกนทั้งสามของ บ.ภายหลังที่ได้ติดตั้งเครื่องวัดกับแผงเครื่องวัดแล้ว ให้ใช้ท่อทางที่อ่อนตัวได้ยาวไม่น้อยกว่า ๑๔ นิ้ว ต่อระหว่างเครื่องวัดที่รูใดรูหนึ่งใน ๓ รู ซึ่งเป็นทางสำหรับดูดอากาศออกจากตัวเรือนกับท่อทางสุญญากาศรูทางออกอีก ๒ รูที่ไม่ได้ใช้ให้ปิดให้แน่นสนิทด้วย PLUG โลหะ PLUG ชนิด PLASTIC ที่ปิดกันฝุ่นละอองในระหว่างการขนส่งไม่ควรนำมาใช้เพราะอาจจะปิดไม่แน่นสนิท

เมื่อต่อท่อทางเรียบร้อย ทำการติด ย. ทำงานที่รอบเดินทาง ปรับ VACUUM RELIEF VALVE ให้ SUCTION GAGE อ่าน 4 ÷ ¼ IN.HG. ภายหลังที่ติดตั้งเครื่องวัดและปรับ VACUUM RELEF VALVE แล้ว ตามหนังสือคู่มือของเครื่องวัดนี้ (5FG-5-2-21) ได้แนะนำว่าควรจะได้ทำการบินทดสอบเครื่องวัดในการบินทดสอบนี้จะต้องทำการบินทั้งความเร็วที่รอบเดินทางและความเร็วสูงสุดของ บ.ที่ระยะสูงต่าง ๆ กัน โดยทำเป็นขั้น ๆ ดังนี้

๑. จดการอ่านของ SUCTION GAGE ที่พื้นจะต้องอ่าน 4 ÷ ¼ IN.HG.

๒. CAGED เครื่องวัดและปรับเครื่องวัดให้อ่านตามทิศทางที่ต้องการแล้ว UNCAGED

๓. ภายหลังเครื่องทดงานเป็นเวลา ๑๕ นาที ตรวจการอ่านของเครื่องวัดเทียบกับเข็มทิศแม่เหล็ก เครื่องวัดจะเซไปได้ไม่เกิน ๕ องศา

ถ้าในระหว่างทำการบินตรวจสอบ ปรากฏว่าเครื่องวัด SUCTION CAGED อ่านน้อยกว่า๓ ๓/๔ นิ้วปรอท ให้ทำการตรวจหาข้อขัดข้องซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้ดังนี้

๑. ท่อทางหักงอหรือรั่ว

๒. ท่อทางยาวเกิดไปเมื่อคิดเทียบกับหน้าตัดของมัน

๓. VACUUM RELIEF VALVE ปรับไม่ถูก

ถ้าเครื่อง SUCTION GAGE อ่านสูงหรือต่ำกว่า ๔ ๑/๔ นิ้วปรอท ที่ความเร็วเดินทางจะเป็นเพราะ AIR FILTER สกปรก หรือ VACUUM RELIEF VALVE ปรับไม่ถูกต้องหรือสกปรก

<u>หลักการทำงาน</u> ในทันทีที่ ย.เริ่มทำงาน VACUUM PUMP จะเริ่มทำการดูดอากาศจากตัวเรือนเครื่องวัดเป็นเหตุให้อากาศของบรรยากาศภายนอกผ่านเข้า AIR FILTER มายัง AIR PIVOT ซึ่งยึดติดกับ GIMBAL RING ผ่านเข้า GIMBAL RING ซึ่งทำเป็นช่องโพลงไว้ไปออกยังรูนมหนู อากาศที่ไหลผ่านรูนมหนูนี้จะไหลด้วยความเร็วสูงมาก และไปปะทะกับกลีบโรเตอร์ทำให้โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูง ความเร็วในการทำงานตามปกติของโรเตอร์อยู่ระหว่าง ๘,๕๐๐ - ๑๓,๕๐๐ รอบต่อนาที การหมุนของโรเตอร์ด้วยความเร็วสูง และติดตั้งอยู่แบบ UNIVERSAL จะทำให้ไจโรเกิดคุณสมบัติทาง RIGIDITY และโดยที่ INDEX หรือ LUBBER LINE ยึดติดกับตัวเรือนเครื่องวัด ฉะนั้นถ้า บ. เปลี่ยนทิศทางการบิน INDEX หรือ LUBBER LINE ก็จะเคลื่อนที่รอบ CARD ชี้แสดงจำนวนองศาที่เปลี่ยนไปจากแนวทางเดิม

การใช้งาน ภายหลังที่ติด ย. SUCTION GAGE จะอ่าน 4 + ¼ นิ้วปรอท CAGED เครื่องวัดและปรับตั้งให้อ่านตามทิศทางที่ต้องการ ให้เครื่องวัดอยู่ในตำแหน่ง CAGED ประมาณ ๕ นาที จึง UNCAGED เครื่องวัด

เมื่อ บ.วิ่งขึ้นเรียบร้อย บังคับ บ. ให้บินอยู่ในแนวระดับ ตรวจสอบทิศทางของเครื่องวัดนี้กับเข็มทิศแม่เหล็กว่าอ่านคลาดเคลื่อนหรือไม่ เพราะถ้า บ.จำเป็นต้องวิ่งขึ้นและ UNCAGED เครื่องวัดก่อนที่โรเตอร์ของเครื่องวัดจะหมุนได้ความเร็วเต็มที่ ก็อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เครื่องวัดเซไปได้ ถ้าเกิดเป็นเช่นนี้ขึ้นให้ CAGED เครื่องวัดในขณะที่ บ.ทำการบินระดับและอยู่แนวตรง แล้วทำการปรับ CARD ของเครื่องวัดให้ทิศทางตรงกับเข็มทิศแม่เหล็ก UNCAGED เครื่องวัดโดยเร็วด้วย การดึงปุ่ม CAGED ออกมาตรง ๆ ในการดึงปุ่มเพื่อ UNCAGED เครื่องวัดให้ระมัดระวังอย่าให้ปุ่มหมุนได้ เพราะจะทำให้ไจโรเกิดการ PRECESS ทำให้ทิศทางที่ตั้งไว้ผิดไป

ขณะทำการบินให้ตรวจสอบการเซของเครื่องวัดทุก ๆ ๑๕ นาที โดยใช้เข็มทิศแม่เหล็กเป็นเครื่องทดสอบการเซโดยจะต้องไม่เกิน ๕ องศาในทุกระยะ ๑๕ นาที

<u>หมายเหตุ</u> เครื่องวัดไจโรทิศทางยอมให้อยู่ในตำแหน่ง UNCAGED ได้ตลอดเวลานอกจากเมื่อทำการปรับทิศทาง หรือในขณะทำการขนส่ง หรือเมื่อเครื่องวัดอยู่ในลักษณะที่จะทำให้เครื่องวัดทำงานเกินขีดจำกัด ระยะการทำงานในทางเอียงซ้ายหรือขวาและไต่หรือดำจะต้องไม่เกิน ๕๕° จากแนว VERTICAL

<u>การบูรณะรักษา</u> เครื่องวัดไจโรทิศทางที่ติดตั้งไว้โดยถูกต้องจะมีอายุการใช้งานประมาณ ๓๐๐ - ๖๐๐ ชม. เครื่องวัดนี้ เมื่อได้ทำการปรับทดลองจากโรงงานแล้ว ไม่ต้องการ การปรับ การหล่อลื่น หรือการบูรณะรักษาภายใน ถ้าเครื่องวัดใช้งานไม่ได้ให้เปลี่ยนเครื่องวัดใหม่

<u>การตรวจก่อนบิน</u> CAGED เครื่องวัดไว้ เมื่อ ย.ทำงานที่รอบเดินทางสังเกตการชี้แสดงของเครื่องวัด SUCTION CAGE ซึ่งจะต้องชี้อ่านที่ 4 + ¼ นิ้วปรอท CAGING KNOB จะต้องหมุนได้คล่อง ดึง KNOB ออกตรง ๆ เพื่อทดลองส่วนประกอบไจโร เมื่อเรียบร้อยดีให้ CAGE เครื่องวัด และปรับ CARD ให้ทิศทางอ่านได้ตรงกับเข็มทิศแม่เหล็กแล้ว UNCAGE เครื่องวัด

<u>การตรวจประจำ ๕๐ ชม.</u> ตรวจสภาพของเครื่องวัดและท่อทาง ถ้าเครื่องวัดเป็นแบบที่มี FILTER ประกอบติดอยู่ด้วยให้ถอดทำความสะอาด โดยถอดสลักเกลียว ๔ ตัว ที่ยึด FILTER ADAPTER PLATE อยู่ ถอด PLATE เอา GASKET และ SNAP RING ออก SCREEN จะหลุดออกมา ทำความสะอาด SCREEN ด้วยน้ำมัน P.S. 661 แล้วเป่าให้แห้งด้วยลม FILTER ไม่สามารถจะทำความสะอาดได้ด้วยการล้างจะต้องเปลี่ยนใหม่ เมื่อสกปรก ภายหลังการประกอบ SCREEN และ FILTER ให้ขันสลักเกลียวทั้ง ๔ ตัว ที่ใช้สำหรับยึดให้แน่น

ตรวจการทำงานของ CAGING KNOB ถ้าไม่คล่องให้ใช้น้ำมันหล่อลื่นเครื่องวัด SPEC MIL-L-7870A หยดลงไปที่ CAGING SHAFT ๒ หยด

๔. เครื่องวัดไจโรซนิดขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

เครื่องวัดไจโรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีกลังงานภายนอกมาอำนวยให้ตัวโรเตอร์หมุนอยู่ ๒ วิธี คือ

๑. โดยการใช้ Vacuum Pump วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้มาตั้งแต่ได้เริ่มสร้างเครื่องวัดชนิดไจโรขึ้นใช้งาน Pump ทำงานโดยอาศัยการหมุนของ ย.และจะมีประสิทธิภาพในการทำงานที่รอบของ ย.สูงสุดได้ประมาณ ๑/๓ ของความดันบรรยากาศในขณะนั้น เช่น ที่ความดันบรรยากาศ ๒๙.๙๒ นิ้ว – ปรอท PUMP จะทำงานสูงสุดได้ประมาณ ๑๐ นิ้ว – ปรอท

๒. โดยการใช้กำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้านี้เมื่อเริ่มแรกได้ใช้กำลังไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่มาขับเคลื่อนโรเตอร์ ต่อมาได้ดัดแปลงให้ใช้กระแสสลับ ซึ่งได้มาจาก INVERTER

เครื่องวัดชนิดไจโรที่ใช้กับ บ.ในปัจจุบันได้เริ่มเปลี่ยนแปลงจากแบบให้โรเตอร์ขับเคลื่อนด้วยลมมาเป็นแบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

๑. ประสิทธิภาพการทำงานที่ระยะสูงดีกว่า ซึ่งจะอธิบายให้เข้าใจได้ดังนี้

๑.๑ การทำงานของเครื่องวัดชนิดไจโรซึ่งขับเคลื่อนด้วยลม จะมีประสิทธิภาพการทำงานดีที่สุดเมื่อโรเตอร์ถูกขับเคลื่อนโดย VACUUM PUMP ตามตารางข้างล่าง

ชื่อ	เกณฑ์ทำงานต่ำสุด นิ้ว - ปรอท	เกณฑ์ทำงานปกติ นิ้ว - ปรอท	เกณฑ์ทำงานสูงสุด นิ้ว - ปรอท
เครื่องวัดเลี้ยวเอียง	๑.๘	๑.๙	๒.๐๕
เครื่องวัดขอบฟ้าจำลอง	๓.๗๕	๔.๐	๔.๒๕
เครื่องวัดไจโรทิศทาง	๓.๗๕	๔.๐	๔.๒๕

๑.๒ ความดันบรรยากาศที่ระยะสูงต่าง ๆ เป็นไปดังนี้

ระยะสูง ฟุต	ความดัน นิ้ว – ปรอท
๐	๒๙ - ๙๒
๑๘,๐๐๐	๑๕
๓๖,๐๐๐	๗.๕๐
๕๐,๐๐๐	๔

๑.๓ เนื่องจากประสิทธิภาพของ VACUUM PUMP ซึ่งทำงานสูงสุดได้เพียง ๑/๓ ของความดันบรรยากาศ ในขณะนั้น ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อ บ.ทำการบินอยู่ในระยะสูง ๑๘,๐๐๐ ฟุต VACUUM PUMP จะทำงานได้สูงสุด ๕ นิ้ว – ปรอท เมื่อ บ.บินอยู่ที่ระยะสูง ๓๖,๐๐๐ ฟุต VACUMM PUMP จะทำงานได้เพียง ๒ ๑/๒ นิ้ว – ปรอท และถ้า บ.บินสูงถึง ๕๐,๐๐๐ ฟุต การทำงานของ VACUUM PUMP จะลดลงเหลือเพียง ๑.๓ นิ้ว – ปรอท ซึ่งไม่เป็นการเพียงพอที่จะทำให้ไจโรชนิดขับเคลื่อนด้วย VACUUM PUMP ชนิดใดชนิดหนึ่งทำงานได้โดยถูกต้อง ทำให้ บ.บินอยู่ในสภาพที่นักบินไม่อาจทราบลักษณะท่าทางที่ถูกต้องของ บ.ในขณะนั้นได้

๒. ประสิทธิภาพในการทำงานที่อุณหภูมิต่ำดีกว่า จากผลของการทดลองเครื่องวัดไจโรชนิดขับเคลื่อนโดย VACUUM PUMP จะทำงานได้ไม่แน่นอนเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า –๓๕°F แต่เครื่องวัดไจโรชนิดขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจะทำงานได้แน่นอนที่อุณหภูมิต่ำสุดถึง –๖๕°F

๓. ตัวเรือนปิดได้สนิท ป้องกันสิ่งสกปรกที่จะเข้าไปทำอันตรายต่อกลไกเครื่องวัด

๔. การบูรณะรักษาและการติดตั้งง่ายกว่า

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นที่คาดได้ว่า เครื่องวัดชนิดไจโรที่จะถูกสร้างต่อไปจะเป็นเครื่องวัดชนิดที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าทั้งสิ้น

เครื่องวัดชนิดไจโรที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าชนิดแรกได้แก่เครื่องวัดเลี้ยวเอียงซึ่งถูกออกแบบให้ทำงานโดยใช้กำลังไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่ ๒๔ - ๒๘ โวลท์และต้องการกระแสเพียง ๐.๕ แอมแปร์ ไจโรจะหมุนด้วยความเร็วตามต้องการซึ่งสามารถทำงานได้แน่นอนที่ระยะสูง ๔,๐๐๐ ฟุตและอุณหภูมิต่ำสุด

$-๖๕^{\circ}F$ เครื่องวัดนี้จะช่วยให้นักบินพอจะทราบลักษณะท่าทางของ บ.ได้ในกรณีที่เครื่องวัดไจโรทิศทางและเครื่องวัดขอบฟ้าจำลองซึ่งทำงานโดย Vacuum Pump ทำงานไม่ถูกต้องหรือไม่ทำงาน

ในเวลาต่อมาจึงได้ทำการสร้างเครื่องวัดไจโรทิศทาง และเครื่องวัดท่าบิน (ATTITUDE GYRO IND.) ขึ้นให้ทำงานด้วยไฟฟ้าโดยใช้กำลังไฟกระแสสลับจาก Inverter และได้มีการติดตั้ง Inverter อะไหล่ไว้ด้วยเพื่อไว้ใช้ในกรณีที่ INVERTER ที่ใช้งานเสีย นักบินก็อาจสับสวิตช์เปลี่ยนมาใช้ Inverter อะไหล่ได้

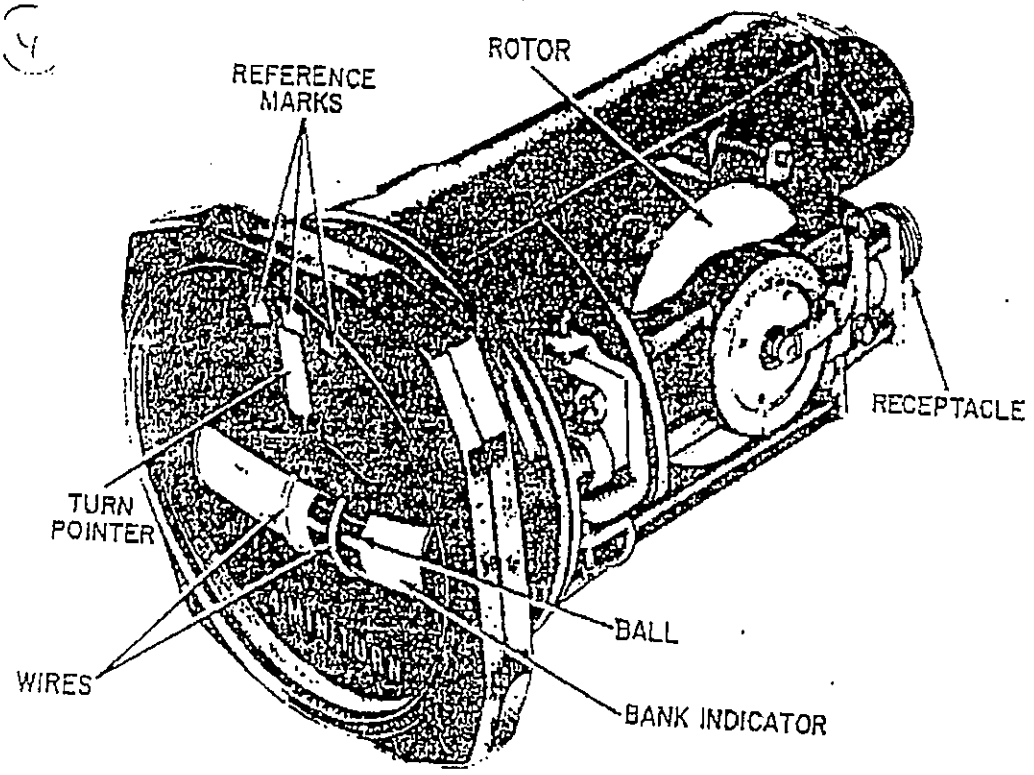
เครื่องวัดเลี้ยวเอียง

เครื่องวัดเลี้ยวเอียงชนิดไฟฟ้าคงมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องวัดเลี้ยวเอียงที่ขับเคลื่อนด้วยลมเป็นเครื่องวัดสองชนิดรวมอยู่ในตัวเรือนเดียวกัน คือ เครื่องวัดเลี้ยวและเครื่องวัดเอียงติดตั้งอยู่รวมกันเพื่อให้ง่ายในการใช้งาน

<u>เครื่องวัดเอียง</u> ประกอบด้วยหลอดแก้วรูปโค้ง ภายในบรรจุน้ำยา และลูกบอลสีดำเครื่องวัดชี้แสดงลักษณะของ บ.ในทาง LATERAL และมีการทำงานโดยตัวของมันเอง หลอดแก้วยึดอยู่กับ RETAINER ด้วยเส้นลวด ๒ เส้น ซึ่งอยู่ห่างกัน ๑๕/๓๒ นิ้ว และใช้เส้นลวดทั้งสองนี้เป็นเครื่องหมายอ้างอิงในการเคลื่อนที่ของลูกบอลยึดติดกับหน้าปัทม์ด้วยสปริง

เมื่อ บ.เคลื่อนที่อยู่ในแนวตรงและแนวระดับ โดยน้ำหนักของลูกบอล ลูกบอลจะอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางซึ่งเป็นส่วนที่ต่ำที่สุดของท่อแก้ว ในการเลี้ยวถ้านักบินทำการเอียง บ.ด้วยมุมที่ถูกต้องลูกบอลจะคงอยู่ที่จุดกึ่งกลาง เพราะว่าแรงเหวี่ยงเท่ากับแรง GRAVITY ของลูกบอล แต่ถ้าทำการเอียง บ.ด้วยมุมที่น้อยเกินไปลูกบอลจะเคลื่อนที่ไปทางด้านนอกของวงเลี้ยว เพราะแรงเหวี่ยงมากกว่าแรงดึงดูดของลูกบอล ในลักษณะเช่นนี้ บ.จะเกิดการ SKID และในทำนองเดียวกัน ถ้าทำการเอียง บ.ด้วยมุมที่มากเกินไป ลูกบอลจะเคลื่อนที่เข้ามาทางด้านในของวงเลี้ยว เนื่องจากแรงเหวี่ยงน้อยกว่าแรงดึงดูดของลูกบอล บ.จะเกิดการ SLIP

เครื่องวัดเลี้ยว เป็นเครื่องวัดที่ชี้แสดงอัตราการเลี้ยวเป็นองศาต่อนาที เมื่อเข็มชี้อยู่ที่จุดกึ่งกลางแสดงว่า บ.กำลังเคลื่อนที่ในแนวตรง ไม่ว่า บ.จะอยู่ในลักษณะไต่ดำหรือเอียงถ้าเข็มชี้เคลื่อนที่ออกจากจุดกึ่งกลางเป็นการแสดงว่า บ. กำลังเลี้ยวไปในทิศทางที่เข็มทิศทางที่เข็มชี้เคลื่อนที่ไประยะที่เข็มชี้เคลื่อนที่ไปจะเป็นปฏิภาคกับอัตราการเลี้ยว



Electrical turn-and-slip indicator with cover removed.

<u>ส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ ของเครื่องวัดเลี้ยวประกอบด้วย</u>

๑. Gyro Motor ASLY.MOTOR เป็น D.C.MOTOR ขับเคลื่อนด้วยกำลังไฟ ๒๔ - ๒๘ V.DC. ตัวโมเดอร์เป็นชนิดมีสเตเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร และโรเตอร์หรือเมเจอร์หมุนอยู่ด้วยความเร็ว ๔,๕๐๐ - ๕,๒๐๐ รอบต่อนาที (ตามเกณฑ์ของบริษัทผู้สร้าง) Shaft ของโรเตอร์ติดตั้งอยู่กับ GIMBAL RING และให้หมุนอยู่ในแนวแกน LATERAL ส่วน GIMBAL RING หมุนเคลื่อนที่อยู่บน PIVOT รอบแนวแกน LONGITUDINAL GOVERNER ซึ่งประกอบอยู่กับโรเตอร์จะเป็นตัวปรับให้ไจโรหมุนด้วยความเร็วคงที่ และดุลของโรเตอร์จะปรับได้ด้วย TRIMMER NUT วงจรไฟฟ้าที่ต่อเข้าโรเตอร์เส้นหนึ่งจะต่อกับ GROUND เป็นขั้วลบ ส่วนอีกเส้นหนึ่งเป็นขั้วบวกจะผ่านเข้า CONTACT

๒. DAMPING UNIT ประกอบด้วยกระบอกสูบและลูกสูบ กระกอบสูบติดตั้งอยู่ทางด้านข้างทางส่วนหน้าของกรอบตัวเรือน ลูกสูบติดตั้งอยู่กับหลัก GIMBAL ซึ่งยื่นผ่านผนังกั้นกรอบตัวเรือน DAMPING UNIT ออกแบบให้ทำหน้าที่ลดการสั้นของไจโรโดยการดูดแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นให้เปลี่ยนรูปเป็นความอัดของอากาศ จำนวน DAMPING บังคับได้โดยการปรับสลักเกลียว ซึ่งเป็นการบังคับอัตราการรั่วของอากาศจากกระบอกสูบ

๓. Centralizing SPRING ติดตั้งอยู่เพื่อทำหน้าที่ดึงไจโรให้กลับมาอยู่ในแนว LATERAL ในเมื่อไจโรไม่มีแรงมากระทำให้ไจโรเกิดการ PRECESS สปริงนี้เป็นตัวที่จะหน่วงหรือต้านการ PRECESS ของไจโร

๔. POINTER FORK และ POINTER PIN จะเคลื่อนที่พร้อมกับไจโรไปอำนวยให้เข็มชี้ทำงาน. Pointer Pin เป็นส่วนหนึ่งของ GIMBAL สอดอยู่กับ POINTER FORK ซึ่งมีกลไกติดกับเข็มชี้

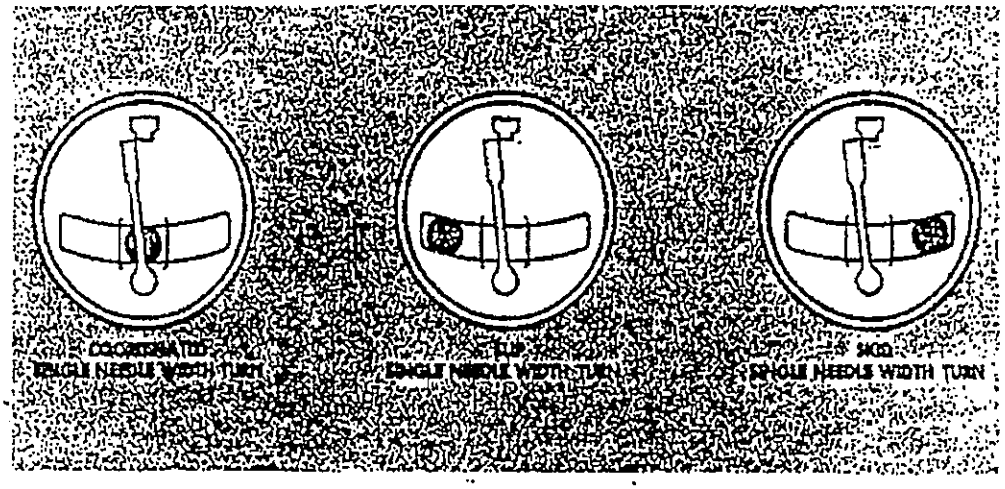
๕. FILTER ASSY ติดตั้งอยู่ทางด้านหลังเครื่องวัด มีวงจรไฟฟ้าต่อร่วมกับวงจรของโมเตอร์ เพื่อทำหน้าที่ลดการรบกวนของคลื่นวิทยุที่เกิดจากการทำงานของโมเตอร์

๖. RECEPTACLE เป็นแบบ ๓ ขา ขา "A" เป็นขั้วบวก ขา "B" เป็นขั้วลบ ขา "C" ปล่อยว่างไว้

<u>ชนิดของเครื่องวัด</u> เครื่องวัดเลี้ยวเอียงแบบไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เข็มชี้ของเครื่องวัดเลี้ยวชี้แสดงอัตราการเลี้ยวแตกต่างกัน ๒ ชนิด คือ

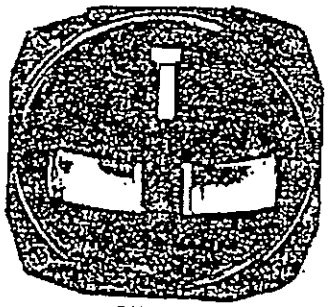
๑. Type C –5, MODEL B, B4B-B4B-D เข็มชี้จะเคลื่อนที่เป็น ๒ เท่าของความกว้างของเข็มชี้เมื่อ บ. เลี้ยวด้วยอัตรา๑๘๐ องศาต่อนาที แต่สำหรับเครื่องวัดแบบนี้จะต้องใช้เวลา ๔ นาที ในการเลี้ยว ๑ รอบ (๓๖๐ องศา) หรือแสดงว่า บ.กำลังเลี้ยวด้วยอัตรา ๑๐ องศาต่อนาที เป็นแบบที่ใช้กับ บ.เจ็ต เพราะว่าอัตราการเลี้ยวของ บ.เจ็ตช้าเนื่องจากมีความเร็วสูง

๒. แบบอื่น ๆ นอกจากที่กล่าวข้างต้น เมื่อ บ.ทำการเลี้ยวด้วยอัตรา ๑๘๐ องศาต่อนาที เข็มชี้จะเคลื่อนที่เท่ากับความกว้างของเข็มชี้หรือเรียกว่า 2 MINUTE TURN

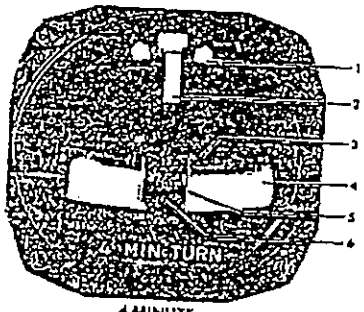


Indications of a turn-and-slip indicator.

<u>การทำงาน</u> โรเตอร์ของเครื่องวัดถูกขับเคลื่อนด้วยกำลังไฟกระแสตรง 24V จากแบตเตอรี่ของ บ. เมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูง (แบบ C – 5 หมุนด้วยอัตรา ๕,๒๐๐ รอบ ต่อนาที) จะเกิดคุณสมบัติทาง GYROSCOPIC ขึ้นในขณะที่ บ. เคลื่อนที่ในแนวตรง CENTRALIZING SPRING จะทำหน้าที่จัดให้โรเตอร์หมุน อยู่ในแนวแกน LATERAL เข็มชี้จะอยู่ที่จุดกึ่งกลาง เมื่อ บ. เลี้ยวซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของ บ. รอบแกน VERTICAL โดยคุณสมบัติทาง PRECESSION ของไจโรจะทำให้ GIMBAL RING ถูก PRECESS เคลื่อนที่รอบแกน LONGITUDINAL POINTER ซึ่งยึดติดกับ GIMBAL RING และมีปลายสอดอยู่กึ่งกลางของ POINTER FORK จะทำให้ POINTER FORK เคลื่อนที่ไปอำนวยให้เข็มชี้เคลื่อนที่แสดงทิศทางการเลี้ยวของ บ.



2 MINUTE
TURN AND SLIP
INDICATOR



4 MINUTE
TURN AND SLIP
INDICATOR

<u>การติดตั้ง</u> เครื่องวัดเลี้ยวเอียงจัดอยู่ในหมู่เครื่องวัดในทางกะบิน ติดตั้งอยู่กับแผงเครื่องวัดด้วยสลักเกลียว ๓ หรือ ๔ ตัว เครื่องวัดจะต้องติดตั้งให้แกนทั้งสามของเครื่องวัดขนานกับแนวแกนทั้งสามของ บ.ขั้วไฟฟ้าซึ่งอยู่ทางด้านหลังเครื่องวัดมี ๓ ขา ตามรูปแสดงแผนกทางไฟของเครื่องวัดแบบ C – 5 การประกอบต่อกำลังไฟให้เข้าทำงานในเครื่องวัดจะต้องต่อให้ถูกต้องมิฉะนั้น การหมุนของโรเตอร์จะกลับมาเป็นเหตุให้เข็มชี้ผิด (ชี้ทิศทางตรงกันข้าม)

<u>การตรวจและการบูรณะรักษา การตรวจก่อนบิน</u> เข็มชี้จะต้องชี้ที่ศูนย์ เครื่องวัดบางแบบเข็มชี้สามารถจะปรับให้อยู่ที่ศูนย์ได้โดยสลักเกลียวที่อยู่ทางมุมล่างด้านขวาทางด้านหน้าตัวเรือนลูกบอลล์ของเครื่องวัดเอียงจะต้องอยู่ที่จุดกึ่งกลางระหว่างสายลวด ๒ เส้น ที่ใช้แสดงเป็นเส้นอ้างอิง การตรวจสอบกระทำได้โดยให้นักบินเลี้ยว บ.ขณะอยู่ที่พื้นและสังเกตการเคลื่อนที่ของเข็มชี้แสดงทิศทางที่ถูกต้อง และการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ต้องเรียบ

<u>การตรวจตามระยะเวลา</u> เครื่องวัดจะต้องตรวจสอบการยึดแน่นของเครื่องวัดและข้อต่อไฟฟ้า เครื่องวัดจะต้องถอดออกและส่งซ่อมใหญ่เมื่อทำงานครบ ๕๐๐ ชม. เครื่องวัดนี้ไม่ต้องการการหล่อลื่นและในการทำงานในที่ซึ่งมีอากาศเย็นจัดก็ไม่ต้องมีการบูรณะรักษาเป็นพิเศษ นอกจากการให้ความร้อนที่แผงเครื่องวัดตามปกติเท่านั้น

<u>ข้อขัดข้อง</u>

๑. ส่วนประกอบของเครื่องวัดเอียง ถ้าเครื่องวัดถูกติดตั้งให้แนวแกน Lateral ของมันขนานกับแนวแกน LATERAL ของ บ. ก็ไม่มีสาเหตุที่จะทำให้เกิดข้อขัดข้องขึ้น

๒. ส่วนประกอบของเครื่องวัดเลี้ยว ขึ้นอยู่กับตัวกำเนิดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า ถ้าเครื่องวัดไม่ทำงานเป็นการแสดงว่าวงจรทางไฟเปิด ซึ่งอาจจะเป็นวงจรภายในเครื่องวัด หรือวงจรภายนอกที่มาต่อกับเครื่องวัด ให้ถอดข้อต่อไฟฟ้าที่ตัวเรือนเครื่องวัดออก เปิดสวิทช์แบตเตอรี่ไปที่ "ON" ตรวจวัดแรงเคลื่อนที่ข้อต่อไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์ ถ้าไม่มีแรงเคลื่อนข้อขัดข้องก็เป็นที่วงจรไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มายังเครื่องวัด ถ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าถูกต้อง ให้ทำการตรวจภายในเครื่องวัดด้วยโอห์มมิเตอร์ ถ้าพบว่าภายในเครื่องวัดขาดให้เปลี่ยนเครื่องวัด ถ้าตรวจพบว่าการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ไม่เรียบแสดงว่าเป็นข้อขัดข้องของกลไกภายในเครื่องวัดให้ทำการเปลี่ยนเครื่องวัด

<u>การดำเนินการตรวจทดลอง</u> การดำเนินการตรวจทดลองที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นการตรวจทดลองสำหรับขั้นบำรุง การบิน และโรงงานการซ่อมเท่านั้น

๑. **เครื่องวัดเอียง**

๑.๑ เอียงเครื่องวัดรอบแกน LONGITUDINAL ๘°-๑๒° ทั้งทางซ้ายและทางขวา ลูกบอลจะต้องเคลื่อนตัวไปอยู่ที่ปลายท่อทางด้านเอียงต่ำลง และจะต้องไม่ติดค้างอยู่เมื่อเครื่องวัดกลับมาอยู่ในตำแหน่งระดับ

๑.๒ เมื่อเครื่องวัดอยู่ที่ตำแหน่งระดับ (๐ องศา) ลูกบอลจะต้องอยู่ที่จะกึ่งกลาง + ๑/๓๒ นิ้ว

๑.๓ เมื่อลูกบอลอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ฟองอากาศที่อยู่ภายในหลอดแก้วจะต้องมองไม่เห็น (โดยการมองตรง ๆ)

๑.๔ หมุนเครื่องวัดรอบแกน Vertical ช้า ๆ และเคาะเครื่องวัดเบา ๆ ลูกบอลจะต้องเคลื่อนที่เรียบจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

๑.๕ เอียงเครื่องวัดจนกระทั่งลูกบอลหยุดอยู่ที่ปลายหนึ่งของท่อแก้ว เมื่อมองเครื่องวัดห่างจากตำแหน่งด้านหน้าของเครื่องวัด ๑๒ นิ้ว จะต้องเห็นลูกบอลไม่น้อยกว่า ๑/๒ ของลูกบอล

๑.๖ ถ้าการตรวจเครื่องวัดไม่เป็นไปตามกล่าวข้างต้นเพียงข้อใดข้อหนึ่งก็ตามจะต้องส่งเครื่องวัดเพื่อทำการซ่อมใหญ่

๒. เครื่องวัดเลี้ยว

๒.๑ ติดตั้งเครื่องวัดให้อยู่ที่ตำแหน่งระดับ เข็มชี้จะต้องชี้อยู่ที่จุดกึ่งกลาง (๐ องศา) + ๐.๐๑๐ นิ้ว ถ้าไม่ได้ให้ปรับ ZERO ADJUSTING SCREW.

๒.๒ ใช้มือเอียง GIMBAL RING ไปทางด้านข้างทั้งสองข้างจนสุด ตรวจสอบการเคลื่อนที่ของเข็มชี้ ระยะการเคลื่อนที่แต่ละข้างจะต้องห่างจากจุดศูนย์กลางเท่า ๆ กัน ถ้าไม่เท่ากันให้คลายสลักเกลียวที่ ARM ของ PISTON ASSY และปรับตำแหน่งของ ARM ที่ยึดอยู่กับหลัก GIMBAL RING

๒.๓ สังเกตตำแหน่งของเข็มชี้ในการสัมพันธ์กับตำแหน่งศูนย์ โดยหมุนเครื่องวัดรอบแกน LONGITUDINAL ๑๘๐ องศา เคาะโครงยึดเครื่องวัดเบา ๆ ดูตำแหน่งเข็มชี้ถ้าเข็มชี้ไม่อยู่ที่ ๐ ให้ปรับสลักเกลียวปรับ

๒.๔ หมุนเครื่องวัดรอบแกน LONGITUDINAL ๙๐ องศา ทั้งทางซ้ายและขวาถ้าเข็มชี้ไม่อยู่ที่ ๐ ให้ปรับสลักเกลียวปรับ การขันสลักเกลียวเข้าเป็นการลดการเคลื่อนที่ของเข็มชี้และการคลายสลักเกลียวออกเป็นการเพิ่มการเคลื่อนที่

๒.๕ หมุนเครื่องวัดรอบแกน LONGITUDINAL ๓๖๐ องศา ตรวจตำแหน่งของเข็มชี้ในขณะที่ทำการหมุน เข็มชี้จะต้องอยู่ที่ ๐ + ๐.๐๑๐ นิ้ว

๒.๖ ใช้แรงเคลื่อน 15 V.DC. โรเตอร์จะต้องหมุน ถ้าไม่หมุนเป็นการแสดงว่าความฝืดของ BALL BEARING มากเกินไป หรือเกิดการขัดสีระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์

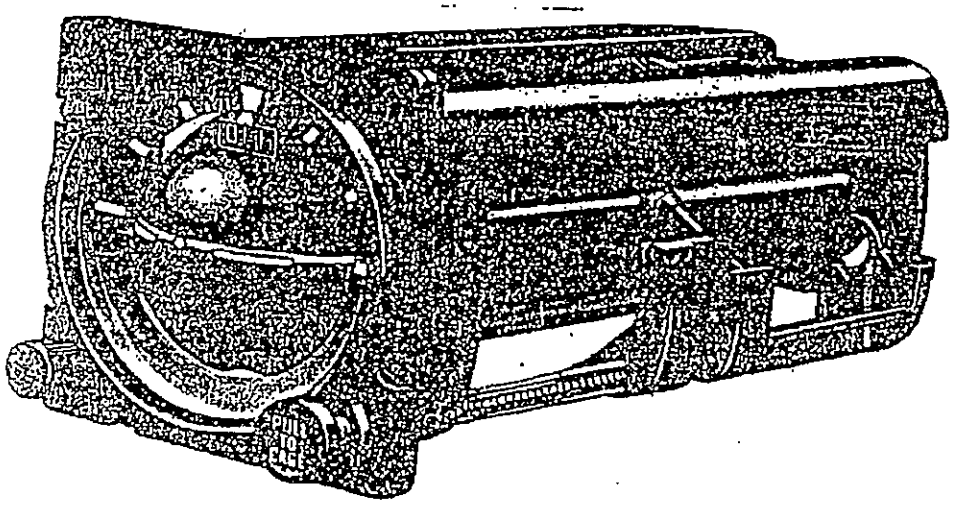
๒.๗ ต่อ D.C. AMMETR ขนาดระยะสเกล ๐ ถึง ๐.๕ AMP. เป็นอันดับกับเครื่องวัดใช้แรงเคลื่อน 24 V.DC. กระแสจะต้องไหลไม่เกิน 150 MILLIAMP. ถ้ากระแสไหลเกินกว่ากำหนด ให้ตรวจความฝืดของ BEARING ถ้า BEARING อยู่ในสภาพเรียบร้อย จะเป็นการแสดงว่าแม่เหล็กของสเตเตอร์อ่อนต้องทำการเปลี่ยนหรือประจุแม่เหล็กใหม่

๒.๘ ใช้ STROBOSCOPIC TACHOMETER ตรวจสอบความเร็วของโรเตอร์โดยใช้กำลังไฟ 24 V.DC. ความเร็วจะต้องเท่ากับ ๕๒๐๐ รอบต่อนาที (แบบ C - 5) ถ้าไม่ได้ให้ปรับความเร็วโดยการปรับ GOVERNER ADJ.SPRING SCREW ซึ่งกระทำได้โดยสอดไขควงเข้าทางรูของโรเตอร์ที่เจาะเอาไว้การขันสลักเกลียวเข้าเป็นการเพิ่มความเร็ว และการคลายออกเป็นการลดความเร็วก่อนที่จะทำการปรับความเร็วของโรเตอร์ควรจะต้องเข้าใจหลักการทำงานของ GOVERNER เสียก่อนซึ่งเป็นไปดังนี้ เมื่อโรเตอร์มีความเร็วสูง ARM จะพยายามเคลื่อนตัวออกไปทางด้านนอก เนื่องจากแรงเหวี่ยงจนกระทั่งเมื่อโรเตอร์มีความเร็วสูงขึ้นจนทำให้ CONTACT เปิด กระแสไฟจะไหลผ่านความต้านทาน ๑๐๐ โอห์ม ทำให้ความเร็วลดลง ขณะที่ความเร็วลดลง CONTACT จะปิด กระแสไฟจะไหลผ่าน CONTACT ทำให้โรเตอร์หมุนเร็วขึ้น

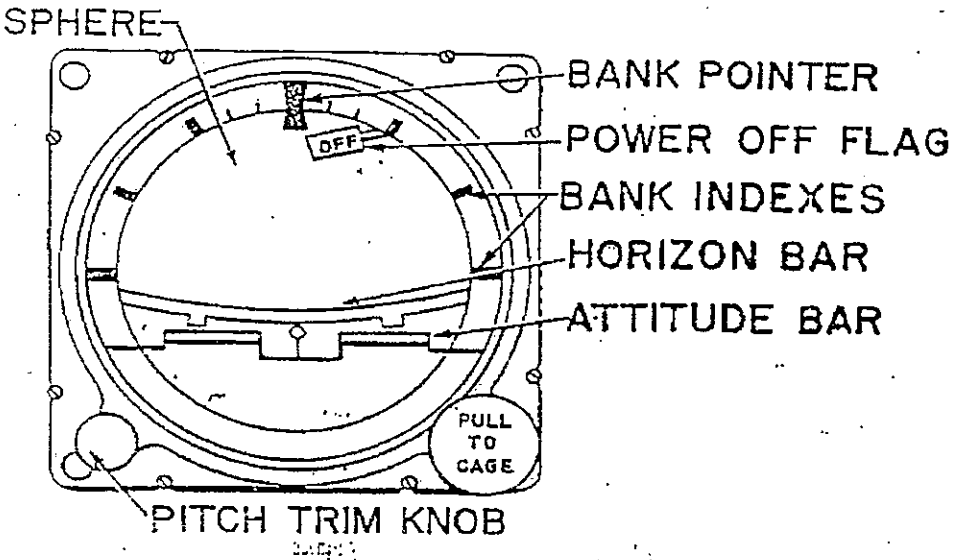
๒.๙ ขณะที่โรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว ๕๒๐๐ รอบต่อนาทีเข็มชี้จะต้องไม่เหจากศูนย์มากกว่า ๐.๐๑๐ นิ้ว ถ้าเข็มชี้เคลื่อนที่มากกว่านี้แสดงว่าโรเตอร์ไม่ได้ดุลย์จะต้องทำการปรับหาดุลย์ของโรเตอร์

๒.๑๐ ติดตั้งเครื่องบน TURNTABLE TESTER ตั้งเครื่องทดลองให้ทำงานด้วยอัตรา ๓ รอบต่อนาที เมื่อครบรอบให้หยุด TURNTABLE ทันที จับเวลาที่เครื่องวัดกลับมาอยู่ที่ศูนย์ซึ่งจะต้องไม่น้อยกว่า ๑ วินาที หรือมากกว่า ๓ วินาที

๒.๑๑ เมื่อเครื่องวัดอยู่ในตำแหน่งระดับใช้กำลังไฟ 24 V.DC. ให้ TURNTABLE ทำงานด้วยอัตราความเร็วตามตารางข้างล่าง ตรวจสอบการคลาดเคลื่อนของเข็มชี้ซึ่งจะต้องเคลื่อนที่และคลาดเคลื่อนไม่ได้เกินเกณฑ์กำหนด ถ้าไม่ได้ตามเกณฑ์ให้ปรับสลักเกลียวปรับ ในการทดลองครั้งแรกควรจะทำการตรวจทดลองที่อัตรา ๑๘๐ องศาต่อนาที แล้วจึงทำการตรวจสอบระยะการทำงานอื่น ๆ ต่อไป



Electric attitude indicator with case removed.



Electric attitude indicator dial

ตารางการทดลองเครื่องวัดเลี้ยวเอียง

แบบ.ชนิดเครื่องวัด	อัตราการหมุนของเครื่องทดลององศาต่อนาที	การเคลื่อนที่ของเข็มชี้ / นิ้ว	แบบ.ชนิดเครื่องวัด	อัตราการหมุนของเครื่องทดลององศาต่อนาที	การเคลื่อนที่ของเข็มชี้ / นิ้ว
C-5,B4,B4B,B4B-D	36	1/6 ± 1/64	B4-,A,B4-B 34 A-A	36	1/32 ± 1/64
	180	1/16 ± 1/32	B4A-B,B4B-A B4B-Ξ	180	5/32 ± 1/32
	360	5/8 ± 1/16	B4B-F,B4B-K, B4B-M,B4B-N, B4B-P,B4B-T	360	5/16 ± 1/16

GYRO HORIZON IND.(FLIGHT IND.)

เครื่องวัดของฟ้าจำลองชนิดขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ามีลักษณะรูปร่างภายนอกและการทำงานเหมือนกับชนิดขับเคลื่อนด้วยลมซึ่งจะแสดงให้นักบินทราบถึงลักษณะท่าทางของ บ.ในขณะเคลื่อนที่รอบแนวแกน LONGITUDINAL และ LATERAL โดยนักบินไม่ต้องอาศัยภูมิประเทศหรือความรู้สึกของตนเอง

ท่าทางของ บ. จะชี้แสดงให้ทราบด้านหน้าของเครื่องวัดโดยความสัมพันธ์ระหว่าง บ.จำลองซึ่งยึดติดอยู่กับตัวเรือนเครื่องวัดกับเส้นของฟ้าจำลอง ซึ่งทำงานอยู่โดยกลไกที่ยึดติดกับชุดไจโร ในระหว่างทำการบินตัวเรือนเครื่องวัดและ บ. จำลองจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับ บ.แต่ชุดไจโรจะอยู่คงที่

เพื่อที่จะให้เครื่องวัดแสดงลักษณะท่าทางของ บ.ที่แน่นอนทั้งในทาง PITCH และ ROLL จำเป็นจะต้องนำคุณสมบัติทั้งสองประการของ GYROSCOPE มาใช้คือทั้งในทาง RIGIDITY และ PRECESSION RIDGITY เป็นคุณสมบัติของไจโรที่ทำให้แกนหมุนของมันอยู่ในแนวแกนเดิมตลอดเวลาโดยไม่คำนึงถึงการเคลื่อนที่ของโครงยึดไจโร การที่นำคุณสมบัติในทาง PRECESSION มาใช้ก็เนื่องจากสาเหตุ ๓ ประการที่จะทำให้แนวแกนของไจโรเปลี่ยนไปคือความฝืดของ BEARING ความไม่สมดุลย์ของโรเตอร์และการหมุนของโลก สาเหตุทั้ง ๓ ประการนี้จะทำให้แนวแกนหมุนของไจโรไม่สัมพันธ์กับโลก ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องประกอบกลไกเพื่อปรับแก้ให้แนวแกนหมุนของไจโรกลับมาอยู่ในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับโลกโดยอาศัยคุณสมบัติของ PRECESSION ของไจโร

เครื่องวัดแบบที่ใช้กันส่วนมากเป็น E – 1 สร้างโดยบริษัท SPERRY และ GENERAL ELECTRIC ความแตกต่างของเครื่องวัดที่สร้างโดยบริษัททั้งสองอยู่ที่ตัวปรับแก้การเคลื่อนที่แกนหมุนของไจโรและขีดจำกัดการทำงานของเครื่องวัด

ชุดไจโรเป็น SYNCHRONOUS MOTOR ประกอบด้วยขดลวด STATOR ต่อกันแบบ Y อยู่ล้อมรอบโรเตอร์ในการทำงาน STATOR ได้รับกำลังไฟ 115V – 400 CYE.3 PH จากระบบ INVERTOR ของ บ.CAGING KNOB ซึ่งติดตั้งอยู่ตอนล่างทางด้านหน้าตัวเรือนเครื่องวัดมีไว้เพื่อยึดกลไกของไจโรให้อยู่กับที่ในขณะที่ บ.ทำการบินผาดแผลง เกินขีดกำหนด

<u>เครื่องวัดที่สร้างโดยบริษัท G.E.</u> โรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว ๑๒,๐๐๐ รอบต่อนาที ไจโรถูกปรับแก้ให้แกนหมุนตั้งฉากกับพื้นโลกโดยวิธีการใช้แม่เหล็กถาวระและจานปรับแก้ซึ่งมีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็ก แม่เหล็กถาวรติดตั้งอยู่ในลักษณะเป็นลูกตุ้มกับโครงยึดไจโร ฉะนั้นตัวแม่เหล็กถาวรนี้จะอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นโลกตลอดเวลาโดยน้ำหนักของมัน ส่วนแผ่นจานปรับแก้ยึดติดอยู่แน่นกับส่วนล่างของแกนหมุนของโรเตอร์

เมื่อแกนหมุนของโรเตอร์หมุนอยู่ในตำแหน่งตั้งฉากกับพื้นโลก แม่เหล็กถาวรจะทำให้เกิด EDDY CURRENT ขึ้นบนจานปรับแก้ซึ่งหมุนไปพร้อม ๆ กับโรเตอร์ และ STRESS ที่เกิดขึ้นบนจานปรับแก้นี้จะเท่ากันทุกส่วน

เมื่อโรเตอร์เอียงจากแนวตั้งฉากกับพื้นโลก STRESS ที่เกิดขึ้นบนจากปรับแก้ที่หมุนไปพร้อมกับโรเตอร์นี้จะไม่เท่ากัน เป็นเหตุให้โรเตอร์ถูก PRECESS กลับมายังตำแหน่งตั้งฉากตามเดิม

กลไกยึดไจโรประกอบด้วย CAGING KNOB,SHAFT,CAGING ARM และ ALLIGATOR JAWS เมื่อไจโรอยู่ในตำแหน่ง CAGED ARM. จะไปอำนวย ALLIGATOR JAW ให้เลื่อนเข้าหากันบีบให้ GIMBAL PIN และ MOTOR PIN อยู่ในตำแหน่งเดียวกันทำให้ไจโรถูกยึดอยู่กับที่ ขีดจำกัดการทำงานของเครื่องวัดขอบฟ้าจำลองแบบ E-1 ซึ่งสร้างโดยบริษัท G-E คือ ในทางไต่หรือดำ ๖๐° และเอียงซ้ายหรือขวา ๙๐°

<u>เครื่องวัดที่สร้างโดยบริษัท SPERRY</u> โรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว ๒๔,๐๐๐ รอบต่อนาทีกลไกปรับแก้ประกอบด้วย LONGITUDINAL ๒ ตัว ตัวหนึ่งติดตั้งอยู่ในแนวแกน LATERAL TORQUE METOR และอีกตัวหนึ่งติดตั้งอยู่ในแนวแกน LATERAL TORQUE METOR แต่ละตัวประกอบด้วย FIELD ๒ ชุด แต่ละชุดต่อวงจรทางไฟให้เกิดแรงหมุนในทางตรงกันข้าม TORQUE METOR ทั้งสองบังคับให้ทำงานโดย LIQUID LEVEL SWITCH ชนิด ๔ ขั้ว ซึ่งสวิทซ์นี้จะทำหน้าที่บังคับให้กระแสไหลผ่านขดลวด แต่ละขดของโมเดอร์

เมื่อไจโรทำงานอยู่ในตำแหน่งตั้งฉากกับพื้นโลก BUBBLE ของ LIQULD LEVEL SWITCH จะอยู่ตรงกึ่งกลางระหว่าง CONTACT ของมัน กระแสที่ไหลผ่านขดลวดสนามทั้งสองขดของโมเตอร์แต่ละตัวจะเท่ากัน ฉะนั้นสนามแม่เหล็กของ TORQUE METOR จะได้ดุลย์ เพราะแรงหมุนที่เกิดขึ้นเท่ากันและกระทำในทิศทางตรงกันข้าม

เมื่อไจโรเอียงจากตำแหน่งที่ตั้งฉากกับพื้นโลก BUBBLE ของ LIQUID LEVEL SW.จะเคลื่อนตัวจากจุดกึ่งกลางโดยเลื่อนไปทางด้านที่เอียง ทำให้เกิดความแตกต่างของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดสนามของ TORQUE METOR TORQUE METOR จะเกิดแรงหมุนไปตามทิศทางของขดลวดที่มีกระแสไหลมากกว่า

ทำให้ไจโรถูก PRECESS กลับมาอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลกตามเดิม ขีดจำกัดการทำงานของเครื่องวัดนี้คือในทางไต่หรือดำ ๖๕° และในทางเอียงซ้ายหรือขวา ๙๕°

<u>คำแนะนำการใช้งาน</u> เมื่อสวิทช์ INVERTER อยู่ที่ตำแหน่ง "ON" กำลังไฟจะถูกส่งไปยังเครื่องวัดทำให้โรเตอร์หมุน จะต้องรอประมาณ ๕ นาที เพื่อให้โรเตอร์หมุนได้ความเร็วตามขีดกำหนดแล้วจึง UNCAGED เครื่องวัดในขณะที่แกนหมุนของโรเตอร์จะหมุนอยู่ในแนวแกนตั้งฉากกับพื้นโลก และเมื่อ บ.บินในระดับ นักบินหรือผู้ใช้จะต้องทำการปรับให้ บ.จำลองอยู่แนวเดียวกับเส้นขอบฟ้าจำลอง ในขณะใช้งานเครื่องวัดจะต้องอยู่ในตำแหน่ง UNCAGED เมื่อ บ.กลับมาอยู่ในระดับ

<u>การติดตั้ง</u> ในระหว่างทำการติดตั้งเครื่องวัดจะต้องอยู่ในตำแหน่ง CAGED และเมื่อทำการบินตั้งกับแผงเครื่องวัด แล้วจะต้องตรวจสอบให้แกนทั้งสามของเครื่องวัดขนานกับแกนทั้งสามของ บ. (แกน LATERAL,LONGITUDINAL และ VERTICAL)PHASE ROTATION ของกำลังไฟที่ใช้ต่อเข้าเครื่องวัดจะต้องเป็นไปตามลำดับ คือ A-B-C ซึ่ง FLIGHT IND. ทุกแบบที่สร้างขึ้น สร้างให้ทิศทางการหมุนของ PHASE เหมือนกัน ลำดับการหมุนของ PHASE สามารถทำการตรวจสอบได้โดย PHASEROTATION METOR ถ้าลำดับการหมุนของ PHASE ถูกต้องดวงไฟสีแดงจะสว่าง ถ้าลำดับการหมุนของ PHASE ไม่ถูกต้อง ดวงไฟสีเหลืองจะสว่าง โรเตอร์ จะหมุนกลับทางกลไกปรับแก้การเซของไจโรจะทำให้ไจโรเกิดการ PRECESS ไปในทิศทางตรงกันข้าม ถ้าลำดับการหมุน PHASE ผิดการแก้ไขก็อาจจะกระทำได้โดยการสลับสายไฟใด ๆ ๒ สาย กำลังไฟของ INVERTER จะต้องวัดได้ 110-120V 400 CYC.

<u>การบูรณะรักษา</u> การตรวจก่อนบิน เมื่อเครื่องวัดทำงานแล้วประมาณ ๕ นาที UNCAGED เครื่องวัดแล้วดูการชี้แสดงของเครื่องวัด

การตรวจหลังบิน ตรวจสอบการทำงาน CAGING KNOB และปุ่มปรับ บ. จำลอง

การตรวจประจำระยะเวลา ตรวจสอบการยึดแน่นของเครื่องวัดและสายไฟ เครื่องวัดนี้ไม่ต้องการการหล่อลื่น

<u>ข้อขัดข้อง</u> ข้อขัดข้องใด ๆ ของเครื่องวัดต้องเกิดจากกำลังไฟที่ใช้ ข้อต่อไฟฟ้า หรือที่ตัวเครื่องวัด ถ้าปรากฏว่าเครื่องวัดไม่ทำงาน ขั้นแรกให้ถอดขั้วไฟฟ้าจากตัวเรือนเครื่องวัด เปิดสวิทช์ INVERTER ไปที่ "ON" ใช้ VOLTMETER วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างขั้ว A-B,A-C และ B-C ซึ่งจะต้องวัดได้ประมาณ 115V ถ้าไม่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าในระหว่างคู่ใดคู่หนึ่ง ก็จะแสดงให้ทราบว่าวงจรไฟฟ้าเปิด และสายไฟอาจจะตรวจสอบได้โดยการต่อ PHASE ROTATION METOR กับสายกำลังไฟที่จะต่อเข้าเครื่องวัด ถ้าเครื่องวัดได้รับกำลังไฟ แต่ทำงานไม่เป็นที่พอใจจะต้องเปลี่ยนเครื่องวัดใหม่ ตารางข้างล่างนี้เป็นการแสดงข้อขัดข้องต่าง ๆ

การชี้แสดงของ PHASE ROTATION METOR

หลอดไฟสีแดง	หลอดไฟสีเหลือง	ชี้แสดง
สว่าง	หรี่	ถูกต้อง
หรี่	สว่าง	สายสลับ
ดับ	สว่าง	สาย "A" ขาด
สว่าง	ดับ	สาย "B" ขาด
หรี่	หรี่	สาย "C" ขาด

ELECTRIC DIRECTIONAL GYRO INDICATER

เครื่องวัดไจโรทิศทางเป็นเครื่องวัดที่ใช้งานในทางการบินเพื่อความมุ่งหมายในนักบินใช้อ้างอิงในการบังคับ บ. ให้เคลื่อนที่อยู่ในแนวตรงและเพื่อชี้แสดงให้ทราบถึงจำนวนมุมที่ บ. เลี้ยวไปจากทิศทางในแนวตรง

ไจโรติดตั้งอยู่แบบ UNIVERSAL ตัวไจโรเป็นโมเตอร์ชนิด SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTOR ทำงานโดยกำลังไฟ 115V 400 Cyc.3 PH ซึ่งได้จากระบบ INVERTER ของ บ.สเกลหน้าปัทม์ติดตั้งอยู่กับ GIMBAL RING ในแนวตั้งฉาก ขีดแบ่งสเกล ๓๖๐ องศา ของวงกลม ให้อ่านขีดละ ๕ องศา ไจโรปรับตั้งแนวแกนหมุนให้ใช้งานร่วมกับเข็มทิศแม่เหล็กได้โดยกดปุ่มปรับที่อยู่ทางด้านหน้าตัวเรือนเครื่องวัดแล้วหมุนไปจนกระทั่งทิศตรงกับเข็มแม่เหล็ก ดึงปุ่มปรับออกมาสุด เครื่องวัดนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับเป็นเข็มทิศแม่เหล็ก และจะชี้แสดงทิศทางหรือองศาที่ บ. เลี้ยวได้แน่นอนกว่าเพราะไม่มีการแกว่งตัว

<u>การทำงาน</u> เครื่องวัดทำงานด้วยอาศัยคุณสมบัติของ GYROSCOPE ในทาง RIGIDITY โรเตอร์จะหมุนอยู่ในแนวแกนหมุนเดิมของมันตลอดเวลา ในขณะที่ บ.เคลื่อนที่รอบแนวแกน VERTICAL ตัวเรือนเครื่องวัดจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับ บ. แต่ชุดไจโรจะคงอยู่กับที่ จาก LUBBER LINE ซึ่งใช้เป็นเส้นอ้างอิงและยึดติดกับตัวเรือนจะชี้แสดงให้ทราบจำนวนองศาที่ บ. เคลื่อนที่ไปจากทิศทางเดิม

เนื่องจากไจโรหมุนอยู่เป็นอิสระและพร้อมที่จะเซออกจากทิศทางเดิม เนื่องจากความฝืดของ BEARING ความไม่สมดุลย์ของโรเตอร์และการหมุนของโลก จึงจำเป็นจะต้องทำการปรับตั้งกับเข็มทิศแม่เหล็กทุก ๑๕ นาที (โดยปกติการเซจะต้องไม่เกิน ๕ องศาในเวลา ๑๕ นาที)

การเคลื่อนที่ของ บ.รอบแกน LATERAL และ LONGITUDINAL ภายในขีดกำหนดไม่ทำให้เกิดกระทบกระเทือนการทำงานของเครื่องวัด แต่ถ้าทำการบินผาดแผลงเกินขีดกำหนด คือ ไต่ ดำ เอียงซ้ายหรือขวาเกิน ๖๕° เครื่องวัดจะต้องอยู่ในตำแหน่ง CAGED

ในการใช้งาน ก่อนที่จะใช้งานเครื่องวัดจะต้องยอมให้โรเตอร์หมุนเป็นเวลาอย่างน้อย ๕ นาที เพื่อให้โรเตอร์หมุนได้ความเร็วตามขีดกำหนด

<u>ชนิดของเครื่องวัด</u> เครื่องวัดไจโรทิศทางที่สร้างโดยบริษัท SPERRY และ G.E.มีข้อแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและสามารถใช้แทนกันได้

เครื่องวัดแบบของ SPERRY โรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 24,000 RPM. มีกลไก ปรับแก้การเอียงของไจโรจากตำแหน่งแนวระดับ ซึ่งประกอบด้วย TORQUE MOTOR ๑ ตัว และ LEVELING SW. ๑ ตัว แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่าเป็นการป้องกันการเซของไจโรจากทิศทางเดิม การปรับแก้การเซจากทิศทางจะต้องทำการตั้งที่หน้าปัทม์เท่านั้น

เครื่องวัดแบบของ G.E. โรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 12,000 RPM. เครื่องวัดไม่มีกลไกปรับแก้ เนื่องจากระยะเวลาการปรับตั้งเครื่องวัดเพื่อแก้การเซนั้นจะต้องกระทำทุก ๑๕ นาที อยู่แล้วและการปรับดังนี้ก็จะเป็นการทำให้ไจโรกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิมด้วย (ถ้าไจโรเอียงจากตำแหน่งระดับ)

<u>การติดตั้ง</u> การติดตั้งเครื่องวัดไจโรทิศทางเป็นไปเช่นเดียวกับ FLIGHT IND.PHASE ROTATION ของเครื่องวัดเหมือนกับ FLIGHT IND. คือ A-B-C และมีข้อขัดข้องเช่นเดียวกัน

<u>การบูรณะรักษา</u> การตรวจก่อนบิน ให้ตรวจสอบการทำงานของกลไก CAGED เครื่องวัด นักบินอาจจะตรวจการทำงานของเครื่องวัดได้โดยการเลี้ยว บ. ในขณะ TAXI

การตรวจตามระยะเวลา ให้ตรวจสอบการยึดแน่นของการติดตั้งเครื่องวัด สายไฟทำความสะอาดข้อต่อสายไฟ

ภายหลังใช้งาน ๕๐๐ ชม. เครื่องวัดจะต้องนำไปทดสอบกับเครื่องทดลอง เครื่องวัดนี้ไม่ต้องการการหล่อลื่นและการบูรณะรักษาเป็นพิเศษในขณะใช้งานในที่ซึ่งมีอากาศเย็นจัด

ATIITUDE GYRO INDICATOR

เครื่องวัด ATIITUDE GYRO หรือเครื่องวัดท่าบิน ติดตั้งกับ บ. เพื่อชี้แสดงลักษณะท่าทางของ บ. ในทาง ไต่ ดำ และทางเอียง เครื่องวัดนี้เป็นเครื่องวัดไจโรชนิดไฟฟ้าแบบใหม่ที่นำมาใช้กับ บ. ก็โดยที่มีขดการทำงานสูงกว่า FLIGHT IND. อื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว คือ เครื่องวัดไม่ต้อง CAGE ในขณะที่ บ.ทำการบินผาดแผลงสามารถชี้แสดงในทางเอียงได้ ๓๖๐ องศา และในทางไต่หรือดำได้ถึง ๘๕ องศา ถ้าไต่หรือดำเกิน ๘๕ องศา เครื่องวัดจะทำงานได้ไม่แน่นอน แต่เมื่อ บ.บินกลับมาอยู่ในขีดกำหนด เครื่องวัดก็จะชี้แสดงได้แน่นอนทันที เครื่องวัดที่ออกแบบสร้างขึ้นมีแบบ J-1,J-3,J-4 และ J-8 แบบ J-1 เป็นแบบที่เลิกใช้แล้วโดยจะไม่กล่าวคือแบบ J-3 และ J-4 ยังคงมีใช้อยู่บ้าง แบบ J-8 มีใช้อยู่ใน ทอ.ไทย

แบบ J-3 และ J-4 มีลักษณะเหมือนกันนอกจากสีเรืองแสงที่ใช้ทำเครื่องหมายเท่านั้น MARKING ของแบบ J-3 เป็น FLUORESCENT,RADIOACTIVE PAINT แต่แบบ J-4 เป็นชนิด RADIOACTIVE เท่านั้น เครื่องวัดทั้งสองนี้จะเห็นส่วนแตกต่างกันได้ชัดเพียงในที่มืดโดยสีที่ทาเครื่องหมายชนิด RADIOACTIVE จะเรืองแสงได้ด้วยตัวเอง แต่เครื่องหมายที่ใช้ FLUORESCENT ต้องใช้แสง ULTRAVIOLET ช่วยจึงจะเรืองแสง

<u>เครื่องวัดแบบ J-3 และ J-4</u> เครื่องวัดประกอบด้วย GYRO ASSY,GIMBAL RING และ CASE ซึ่งมี BEZEL ASSY. ประกอบอยู่ ROTOR ติดตั้งแบบ UNIVERSAL และให้แกนหมุนอยู่ห่างจากแนวแกน VERTICAL 2 ½ องศา ไจโรทำงานโดยกำลังไฟ 115V.400 Cyc.3 PH. และหมุนด้วยความเร็ว 23,500 รอบต่อนาที ติดตั้งอยู่ภายใน SPHERE ซึ่งทำหน้าที่เป็นหน้าปัทม์ของเครื่องวัดมีลักษณะเป็นลูกโลก ยึดติดอยู่กับ GIMBAL RING ลูกโลกแบ่งครึ่งให้เห็นเป็น ๒ ส่วน ทางครึ่งบนทาสีดำและครึ่งล่างทาสีขาว ที่กึ่งกลางของลูกโลก คือตำแหน่งที่สีดำและสีขาวมาบรรจบกันนี้ใช้เป็นเส้นศูนย์สูตร (EQUATOR) ซึ่งนำมาใช้แทนเส้นขอบฟ้าธรรมชาติและที่ลูกโลกนี้ยังมีเส้นขีดแบ่งครึ่งในทางตั้งฉาก ใช้เป็นเส้น MERIDIAN ซึ่งจะคงอยู่ในแนวตั้งฉากตลอดเวลาที่ทำการบินที่เส้น MERIDIAN มีขีดแบ่งสเกลให้แสดงการไต่หรือดำของ บ.ขีดละ ๕ องศา ทางครึ่งด้านบนของลูกโลกซึ่งอักษร "DIVE" และทางครึ่งด้านล่างซึ่งทาสีขาวมีอักษร "CLIMB" ซึ่งแสดงให้นักบินทราบชัดขึ้นไปอีกว่า บ.กำลังอยู่ในลักษณะดำหรือไต่

บ. จำลองยึดติดอยู่กับตัวเรือนเครื่องวัดมีปุ่มสำหรับให้ บ.จำลองอยู่ในระดับกับเส้นศูนย์สูตรของเครื่องวัดในขณะที่ บ.อยู่ในระดับ ที่ BEZEL ซึ่งประกอบอยู่กับตัวเรือนจะมี VERTUCAL iNDEX และมีขีดสเกลเพื่อใช้อ่านมุมการเอียงของ บ.โดยการแบ่งขีดสเกลจากจุด VERTICAL ไปทางขวาและซ้ายให้อ่าน ๑๐,๒๐,๓๐ และ ๖๐ องศา โดยการอ่านจากเส้น MERIDIAN ของลูกโลก ส่วนการไต่หรือดำก็จะทราบได้โดยการดูความสัมพันธ์ของ บ.จำลองกับเครื่องหมายขีดสเกลในแนวตามขวางหน้าปัทม์

ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของไจโร GIMBAL และตัวเรือนในขณะที่ บ. เคลื่อนที่รอบแนวแกน LATERAL หรือ LONGITUDINAL จะเป็นดังนี้

เมื่อ บ.พลิกตัว (บ.เคลื่อนที่รอบแกน LONGITUDINAL ของไจโรและ บ.) ไจโรและ GIMBAL จะอยู่คงที่ แต่ตัวเรือนจะเคลื่อนที่รอบไจโรและ GIMBAL ทั้งนี้เนื่องจากตัวเรือนยึดอยู่กับ DEARING ซึ่งติดตั้งอยู่กับ GIMBAL

เมื่อไต่หรือดำ (บ.เคลื่อนที่รอบแกน LATERAL ของไจโรและ บ.)ในลักษณะเช่นนี้ไจโรเท่านั้นที่อยู่กับที่ แต่ทั้งตัวเรือนและ GIMBAL จะเคลื่อนที่รอบไจโร

กลไกปรับแก้ให้โรเตอร์ของไจโรหมุนอยู่ในแนวแกนตั้งฉากกับพื้นโลกตลอดเวลาประกอบด้วยแผ่นกลมซึ่งติดตั้งให้หมุนอยู่ในแนวแกนหมุนของโรเตอร์คือ แนว VERTICAL แผ่นกลมนี้เจาะรูเล็ก ๆ และประกอบ FIN ๑๘ อัน ไว้โดยรอบแผ่นกลม ยึดติดกับ ROTOR HOUSING ไว้อย่างหลวม ๆ โดยวงแหวนซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับผิวของ BEARING ที่บริเวณตอนกลางจานปรับแก้มีรัศมีมากพอที่ลูกบอล ๘ ลูก จะรวมกันอยู่ เมื่อโรเตอร์หมุนอยู่ในแนวแกน VERTICAL ของโลกโดยน้ำหนักของลูกบอลมันจะรวมกันอยู่ที่ตอนกลางของจาน ถ้าโรเตอร์เอียงจากแนวแกน VERTICAL ลูกบอลก็จะกลิ้งไปอยู่ยังตำแหน่งที่ต่ำที่สุดซึ่งจะเข้าไปอยู่ระหว่าง PIN และโดยการหมุนของจานปรับแก้ซึ่งหมุนไปพร้อมกับโรเตอร์แต่หมุนด้วยอัตราการหมุนเพียง ๒๒ รอบต่อนาที ลูกบอลแต่ละลูกจะพาขึ้นไปจากตำแหน่งต่ำสุดจนถึงตำแหน่งสูงสุดก็จะวิ่งกลับลงมายังตำแหน่งที่ต่ำที่สุดอีก ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าแรง GRAVITY ของลูกบอลที่กระทำต่อจานจะไม่อยู่ที่จุดกึ่งกลางของจาน แต่จะกระทำอยู่ที่บริเวณที่ลูกบอลกลิ้งอยู่เท่านั้นทำให้เกิดแรงมากระทำต่อไจโรและโดยคุณสมบัติทาง PRECESSION ไจโรจะกลับมาอยู่ในตำแหน่งตั้งฉาก ลูกบอลก็จะกลับมารวมกันอยู่ที่บริเวณศูนย์กลางของจานตามเดิม

เครื่องชี้แสดงการทำงานของเครื่องวัดเป็นรูปธง มองเห็นได้โดยที่ผิวลูกโลกทางครึ่งซ้ายได้ เส้นศูนย์สูตรจะเจาะรูกลมเล็ก ๆ ไว้ เมื่อเครื่องวัดทำงาน ธงนี้จะเลื่อนไปมาในแนวแสดงให้เห็นสีเหลืองและดำสลับกัน การเลื่อนไปมาของธงทำงานโดยมีกลไกทำงานร่วมกับการหมุนของจานปรับแก้ การตั้งตัวของไจโรซึ่งหมุนไปพร้อมกับไจโร ดังนั้นถ้าธงไม่ชี้แสดงการทำงาน นักบินหรือผู้ใช้ก็จะทราบได้ว่าเครื่องวัดไม่ทำงาน

SENSITIVE PITCH INDICATION ของเครื่องวัดซึ่งเป็นขีดสเกลอยู่ทางขวาของลูกโลกแบ่งออกเป็นขีดละ ๑ องศา ให้อ่านได้ถึง ๑๐ องศา ทั้งในทางไต่และดำ ก็เพื่อจะเป็นการชี้แสดงลักษณะของ บ. ในทางไต่หรือดำที่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรของลูกโลก เข็มชี้จะแสดงจำนวนองศาที่ บ.ไต่หรือดำให้ทราบโดยละเอียดและแน่นอนการไต่หรือดำเกินกว่านี้จะต้องอ่านจากความสัมพันธ์ของ บ.จำลองกับสเกลที่ขีดไว้บนลูกโลก

<u>เครื่องวัดแบบ J-8</u> มีลักษณะแตกต่างกว่าแบบ J-3 และ J-4 คือ

๑. SPHERE ลูกโลกของแบบ J-8 ทาสีดำอย่างเดียวไม่มีการแสดงเส้นศูนย์สูตร ส่วนของลูกโลกในขณะทำการบินระดับและบินไต่หรือดำในระยะ ๒๗° ไม่มีขีดเครื่องหมายใด ๆ ให้เห็น การชี้แสดงความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ของ บ. รอบไจโรภายในขีดกำหนดนี้ (ไต่หรือดำไม่เกิน ๒๗ องศา) จะชี้แสดงให้ทราบบนหน้าปัทม์ของเครื่องวัดโดยความสัมพันธ์ระหว่างเส้นขอบฟ้าจำลองกับ บ.จำลองและมุมการเอียง

ของ บ.จะอ่านได้จาก BANK INDEX ซึ่งยึดติดอยู่กับชุดไจโรกับ VERTICAL INDEX ซึ่งยึดกับ BEZEL ของเรือนเครื่องวัดสมมุติว่า บ.ดำเกินกว่า ๒๗ องศา HORIZON BAR จะถูกยึดอยู่ที่ตำแหน่งที่เคลื่อนตัวได้สูงสุดคือ ๒๗° องศาจากแนวระดับต่อจากนี้อักษร "DIVE" ตอนส่วนบนของลูกโลกจะปรากฏให้เห็นขณะที่มุมในการดำเพิ่มขึ้น ขีดแบ่งสเกลชี้แสดงองศาในทางดำ จะแสดงให้เห็นและต่อไปจนถึงขั้วของลูกโลกซึ่งขีดเหล่านี้จะชี้แสดงมุมการดำของ บ.โดยการอ่านความสัมพันธ์ของ บ. จำลอง (TRIM IND.) กับขีดองศาเหล่านี้ซึ่งมี ๗๐° ๗๕° และ ๘๐ องศา การดำถึงมุม ๘๕ องศาจะแสดงให้ทราบเมื่อ บ.จำลองเข้าอยู่ในขอบของรูปเครื่องหมายวงกลม (BULL EYE) ซึ่งอยู่ที่บริเวณขั้วของลูกโลก และสำหรับการไต่ก็คงมีลักษณะเช่นเดียวกัน

๒. กลไกปรับตั้งไจโร มีลักษณะเป็นจานกลมและติดตั้งกับไจโรเช่นเดียวกับแบบ J-3 และ J-4 แต่เป็นแบบลูกบอล ๒ ลูก การหมุนของจานเป็นไปโดยอำนาจแม่เหล็กซึ่งหมุนไปพร้อมกับโรเตอร์ด้วยความเร็ว ๒๒ รอบต่อนาที

๓. เครื่องหมายชี้แสดงการทำงาน เป็นรูปธงเช่นเดียวกันแต่ทำงานโดย INERTIA MOTOR เมื่อเครื่องวัดไม่ทำงานหรือไม่มีกระแสไฟเข้า รูปธงจะปรากฏให้เห็นทางมุมล่างด้านซ้ายของเครื่องวัด แต่เมื่อเครื่องวัดทำงานตามปกติ INERTIA MOTOR จะหมุนรูปธงจะเคลื่อนที่เข้าไม่แสดงให้เห็นและเมื่อวงจรไฟ PHASE ใด PHASE หนึ่งของไจโรไม่มีกระแสไฟเข้า รูปธงจะปรากฏให้เห็นโดยแรงดึงของสปริง

<u>การทำงาน</u> การทำงานของเครื่องวัด ATIITUDE GYRO ทำงานโดยได้รับกำลังไฟ 115 VAC 400 Cyc.3 PH จากระบบ INVERTER ของ บ.และโดยคุณสมบัติ ของ GYROSOOPE ทั้งทาง RIGIDITY และ PRECESSION การชี้แสดงลักษณะท่าทางของ บ.โดยเครื่องวัด แบบ J-3 และ J-4 สำหรับในทางไต่หรือดำนักบินหรือผู้ใช้ซึ่งเคยชินกับ FLIGHT IND. ซึ่งมี HORIZON BAR เป็นดังชี้แสดงจะมีความรู้สึกเหมือนกับว่าเครื่องวัดแบบนี้ทำงานในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อ บ.HORIZON BAR จะสูงกว่า บ.จำลอง แต่เครื่องวัด ATIITUDE GYRO ซึ่งในทางไต่หรือดำเป็นการสัมพันธ์ระหว่าง บ.จำลองกับเส้นศูนย์สูตรจะปรากฏว่าเมื่อ บ.ดำเส้นศูนย์สูตรจะต่ำกว่า บ.จำลอง ด้วยเหตุนี้ ATIITUDE GYRO IND. แบบ J-3 และ J-4 จึงไม่ค่อยนำมาใช้งาน

สำหรับแบบ J-8 มี HORIZON BAR ติดอยู่กับชุดไจโร แสดงท่าของ บ.ในทางไต่หรือดำในขีดลักษณะท่าทางของ บ.จะชี้แสดงโดยขีดสเกลของลูกโลกกับ บ. จำลอง เช่นเดียวกับ FLIGHT IND. ทุกประการ แต่เมื่อเกิน ๒๗° การชี้แสดงลักษณะท่าทางของ บ.จะชี้แสดงโดยขีดสเกลของลูกโลกกับ บ. จำลองเช่นเดียวกับแบบ J-3 และ J-4

อนึ่งในการเริ่มต้นการทำงานของเครื่องวัด เพื่อช่วยให้ไจโรตั้งตัวได้โดยเร็วผู้ใช้ก็อาจจะ CAGED เครื่องวัดได้โดยดึงปุ่ม CAGED ออกมาตรง ๆ ลักครู่แล้วปล่อยเครื่องวัดก็จะกลับไปอยู่ในตำแหน่ง UNCAGED ตามเดิม

บรรณานุกรม

น.ต.ม.ร.ว.อนุพลพัฒน์ ชมพูนุท ระบบเครื่องวัดจำนวนเชื้อเพลิงแบบ CAPACITANCE

U.S.AIR FORCE TECHNICAL SCHOOL "AIRCARAFT MAINTENANCE OFFICER COURSE TEXT – BOOK" CHANUTE AIR FORCE BASE, ILLINOIS.