อายุการใช้งานของตลับลูกปืน (Bearing Life) ในระบบ HVAC

เกิดสุข ฤกษ์ขจรนามกุล
O.E.M. Marketing Engineer
บริษัท ครูเกอร์ เวนทิเลชั่น อินดัสทรีส์ (ไทยแลนด์) จำกัด

อุปกรณ์เครื่องกลในระบบ HVAC นั้น ไม่ว่าจะเป็นพัดลม, ปั๊มน้ำ, Cooling Tower หรืออุปกรณ์ตัวอื่นๆ จะมีตลับลูกปืนเป็นส่วนประกอบสำคัญในอุปกรณ์นั้นๆ ซึ่งอายุการใช้งานของตลับลูกปืนจะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่ออายุการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ

อายุการใช้งานของตลับลูกปืนนั้นจะถูกระบุเป็นจำนวนรอบหรือจำนวนชั่วโมงการใช้งาน ที่ตลับลูกปืนทำงานได้เป็นปกติ ก่อนที่จะมีสัญญาณบ่งบอกถึงความผิดปกติของตลับลูกปืนเกิดขึ้น ซึ่งอายุการใช้งานของตลับลูกปืนสามารถคำนวณได้จากสูตรพื้นฐาน ดังนี้

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{P}$$ L_{10} : หน่วยเป็นจำนวนรอบ

$$L_{10h} = \frac{1{,}000{,}000}{60n}\left(\frac{C}{P}\right)^{P}$$ L_{10h} : หน่วยเป็นจำนวนชั่วโมง

โดยที่

C คือ Basic Dynamic Load Rating (N)
สามารถหาได้จากข้อมูลใน Catalogue ของตลับลูกปืน โดยใน Catalogue ของตลับลูกปืนนั้นจะมีพื้นฐานของความสามารถในการรับแรงให้อยู่ 2 ค่า คือ
- C = Basic Dynamic Load Rating ใช้กับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับแรงที่กระทำต่อตลับลูกปืน ในขณะที่กำลังหมุนด้วยความเร็ว
- Co = Basic Static Load rating ใช้สำหรับการคำนวณในกรณีที่ตลับลูกปืนหมุนด้วยความเร็วต่ำ ($n \leq 10$ rpm), มีการเคลื่อนไหวกลับไปกลับมาช้าๆ หรืออยู่นิ่งภายใต้แรงกระทำเป็นระยะเวลาหนึ่ง

ดังนั้น ในการคำนวณอายุการใช้งานของตลับลูกปืนในอุปกรณ์ HVAC จะใช้ค่า C (basic dynamic load rating) มาคำนวณเป็นหลัก

p คือ Life Exponent จะขึ้นอยู่กับชนิดของตลับลูกปืน โดยที่
- p = 3 สำหรับตลับลูกปืน Bali bearing
- p = 10/3 สำหรับตลับลูกปืนแบบ Roller bearing

P คือ Dynamic Bearing Load (N)

n คือ ความเร็วรอบใช้งานในขณะนั้น (rpm)

จากสูตรคำนวณพื้นฐานข้างต้น อายุการใช้งานของตลับลูกปืนจะเป็นค่า L_{10} หรือเรียกกันว่า Nominal Life ซึ่งหมายความว่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืนที่คำนวณได้จากสูตรข้างต้น มีความน่าเชื่อถือ 90% ว่าจะมีอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่าที่คำนวณได้ นอกเหนือจาก L_{10} แล้ว ในกรณีที่ต้องการความเชื่อมั่นที่มากขึ้น หรือในบางโอกาสมีการใช้ Average Life หรือ L_{50} ในการพูดถึงอายุการใช้งานของตลับลูกปืน ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้สามารถใช้ Adjustment Factor ในตารางที่ 1 นี้คูณกับค่าที่คำนวณมาได้

ตารางที่ 1: Life Adjustment Factor

Life Grade	Reliability %	Adjustment Factor
L_{10}	90	1
L_{50}	50	5
L_5	95	0.62
L_4	96	0.53
L_3	97	0.44
L_2	98	0.33
L_1	99	0.21

โดยทั่วไปแล้วอายุการใช้งานของตลับลูกปืนที่ใช้กับอุปกรณ์ในงาน HVAC ที่แนะนำจากผู้ผลิตตลับลูกปืนต่างๆ จะเป็นดังนี้

เวลาใช้งานต่อวัน (ชม.)	อายุการใช้งานแนะนำ (ชม.)
8 -16	20,000-30,000
24	40,000-60,000

ซึ่งปกติทางผู้ผลิตอุปกรณ์ต่างๆ จะออกแบบโดยให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนที่คำนวณได้จะมีค่ามากกว่าค่าแนะนำนี้อยู่แล้ว โดยค่าออกแบบที่คำนวณไว้อาจจะเป็นแสนหรือเป็นล้านชั่วโมงเลยทีเดียว แต่จะพบว่าตลับลูกปืนโดยส่วนมากไม่สามารถใช้งานอย่างปกติได้ถึงอายุที่คำนวณได้ เนื่องด้วยจากสูตรที่คำนวณนั้นจะคำนึงถึงเฉพาะโหลดใช้งานที่กระทำต่อตลับลูกปืนเท่านั้น โดยยังมีปัจจัยอีกหลายอย่างที่ยังไม่ได้นำมารวมในการคำนวณ เช่น

- การหล่อลื่น
- อุณหภูมิการใช้งานและสภาวะแวดล้อมในการใช้งาน
- แรงที่เกิดจากการสั่นสะเทือน ซึ่งอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การเยื้องศูนย์, การหลวมคลอน (Looseness), Gear Reaction, การไม่สมดุล (Unbalance), แรงตึงสายพาน และการสั่นสะเทือนที่เกิดจากกระบวนการทำงาน เป็นต้น

ในปัจจัยข้างต้นนั้น แรงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนจะมีผลอย่างมากต่ออายุการใช้งานของตลับลูกปืน ถ้าแรงสั่นสะเทือนมากก็จะยิ่งมีผลมาก จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ในงานบางประเภทค่าแรงสั่นสะเทือนที่เพิ่มขึ้น 1 เท่า จะมีผลทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนลดลงถึง 7 เท่า ดังนั้นผู้ผลิตอุปกรณ์เครื่องกลในระบบ HVAC และผู้ใช้งาน จึงควรให้ความสำคัญกับการควบคุมระดับของการสั่นสะเทือนให้อยู่ในระดับปกติซึ่งระดับของการสั่นสะเทือนที่ปกตินั้นให้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานของอุปกรณ์นั้นๆ เพื่อให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนและอุปกรณ์นั้นๆ เป็นไปตามที่ต้องการ.

เอกสารอ้างอิง

1. คู่มือผลิตภัณฑ์ SKF
2. NSK Ball Bearing Unit. CAT No.E1154a.
3. Kruger Ventilation. (1998). Bering life for fans. Technical Bulletin TBN016.1/1998.
4. L. Douglas Berry. Vibration versus Bearing Life. Reliability® Magazine.