

การออกแบบและพัฒนาตัวรับสัญญาณแบบสัมผัสนิดเคลื่อนที่ อิสระได้ 2 แกนของเครื่องวัด 3 แกน

A Design and Development of a 2 Degree of Freedom Touch Signal Probe for 3-axis Coordinate Measuring Machines.

มงคล มงคลวงศ์ไวชน์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้เสนอ การออกแบบและพัฒนาตัวรับสัญญาณแบบสัมผัสนิดเคลื่อนที่อิสระได้ 2 แกนของเครื่องวัด 3 แกน โดยทำการสร้างตัวรับสัญญาณที่สามารถเคลื่อนที่อิสระได้ 2 แกน จากการใช้ ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมถุงเดินปั๊มน้ำมัน เครื่อง 2 ตัว ให้ตัวรับสัญญาณรับสัญญาณจาก การสัมผัส ใช้การวัดแบบทุต ต่อ ๆ กัน ตัวรับสัญญาณจะรับสัญญาณเมื่อยแกนรับสัญญาณการเคลื่อนที่ในทิศทางใดๆ เช่นกัน ดำเนินการ ตามที่ต้องการ คำความเร็วต้องได้และคำความไวของตัวรับสัญญาณ ได้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบกับ Check Master ที่ดำเนินการทุกต่อ คำความเร็วต้อง 3.15 ใน ไมโครเมตร และคำความไวของตัวรับสัญญาณที่ต้อง 11.55 ใน ไมโครเมตร

Abstract

This research describes a design and development of a 2-degree of freedom touch signal probe for coordinate measuring machines. The touch-trigger signal probe is driven in 2-degree of freedom by 2 stepping motors with microcomputer controlled. The probe is used for point-to-point measurement. The detected signal is generated from the displacement of the stylus tip in any directions from its neutral position. The accuracy, reliability and sensitivity are included in this study. The average of error is 3.15 micrometer and the standard deviation is 11.55 micrometer from checking by the check master at the zero position.

1.บทนำ

เครื่องวัด 3 แกนเป็นเครื่องมือวัดที่มีค่า Resolution ระหว่าง 0.0002-0.001 มิลลิเมตร ใช้ในการควบคุมถุงเดินปั๊มน้ำมัน ในการผลิตชิ้นส่วนในโรงงานอุตสาหกรรมประเภท

อุตสาหกรรมยานยนต์ และ เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยเครื่องจะตรวจสอบว่าชิ้นส่วนที่ผลิต ได้ขนาดและตำแหน่ง ตามที่แบบเรียนเอาไว้หรือไม่ ทำหน้าที่คล้ายกับ ไมโครมิเตอร์, เวอร์เนีย, ไฮเกท และมีข้อได้เปรียวกว่า

มาก เท่าความสามารถ วัดขึ้นงาน 3 มิติที่มีรูปร่างสับซ้อน ซ่อนได้ และชั้นสามารถคำนวณค่าพิเศษความตื้อได้ในทันทีอีกด้วย เช่น ค่าความร่วนถูนย์, ค่าความตึงจาก, ค่าความชนกัน เป็นต้น

ด้วยวัสดุอย่างที่กำหนดที่เป็นมาตรฐาน ไม่ว่าจะ สำหรับงานต่อตัวที่ได้ใน การวัด ดังนั้นเพื่อศึกษาการ ทำงานและปัจจัยของผลกระทบที่ทำให้เกิดความผิด พลาดจริงได้ต้องรับด้วยวัสดุอย่างที่เป็นแนวทางใน การพัฒนา

เมื่อหัวรับสัญญาณสัมผัสอยู่กับงาน ดูหนึ่งจะถูก ส่งไปเพื่อประมวลผล ถ้าขึ้นงานมีรูปร่างที่ซับซ้อนก็ จะต้องเปลี่ยนทิศทางของหัวรับสัญญาณเพื่อให้สัมผัส ถึงจุดนั้น การเปลี่ยนทิศทางจะต้องสอนเทียบ (Calibrate) ทุกครั้ง ซึ่งเกิดแนวความคิดที่จะติดหัวรับ สัญญาณเข้ากับสถานะปัจจุบัน เพื่อให้เกิดความที่แน่นอน เมื่อสอนเทียบไปแล้วสามารถเรียกกลับมาใช้ใหม่ได้

2. เครื่องวัด 3 แกน

เครื่องวัด 3 แกน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Manual floating CMM แกนของเครื่องจะเคลื่อนที่ได้ตามแรงของผู้ใช้เครื่อง

2. CNC CMM แกนของเครื่องจะเคลื่อนที่ได้ตามแรงของ Servo motor โดยควบคุมผ่านทาง Joy stick

การเคลื่อนที่ของเครื่องวัด 3 แกน มีการเคลื่อนที่อยู่ 2 ระบบ คือระบบเคลื่อนที่ด้วยล้อถูกปืน และระบบ ที่เคลื่อนที่ด้วย Air Bearing ใช้แรงดันลม 0.4 Mpa ระบบที่ใช้ล้อถูกปืนจะมีความถูกต้องน้อยกว่า ระบบที่เคลื่อนที่ด้วย Air Bearing ประมาณ 5-20 ในครอน ซึ่งอยู่กับขนาดและรุ่นของเครื่อง ถูบุปีที่ 1

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องวัด 3 แกน มีดังนี้ ถูบุปีที่ 2

1. ตัวเครื่องวัด 3 แกน

2. ตัวคอนโทรลเลอร์ หรือ ตัวคอมพิวเตอร์

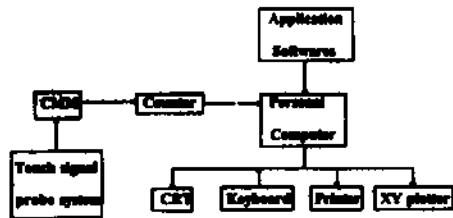
3. หัวรับสัญญาณ

4. เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรม

5. อุปกรณ์เสริม เช่น เครื่องพิมพ์หรือพกพาเครื่อง



รูปที่ 1 เครื่องวัด 3 แกน



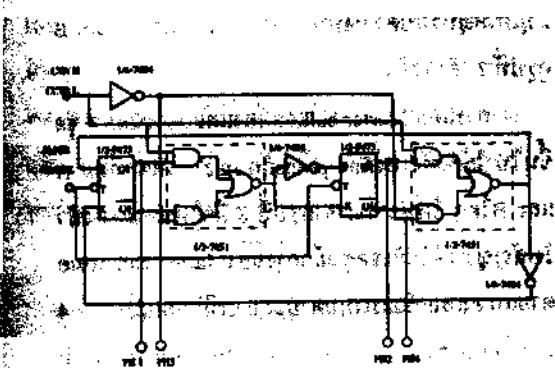
รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของเครื่องวัด 3 แกน

3. สเตปบีบีนอยเตอร์

หัวรับสัญญาณจะใช้สเตปบีบีนอยเตอร์เป็นตัว กำหนดทิศทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ ให้เคลื่อน ที่อัตราได้ 2 ทิศทาง ตอบปั้งมอยเตอร์คืออยเตอร์ที่ สามารถแบ่งบุบหินน้ำใน การเคลื่อนที่ และกำหนด ความเร็วตามสัญญาณไฟก่อให้กับวงจรดิจิตอล ซึ่งใช้ในการควบคุมการหักกลับการกระตุน สามารถ ให้ความถูกต้องใน ไกรกอนพิวเตอร์เตอร์เพื่อเชื่อม ไปร่วมกับระบบควบคุมการทำงานของอยเตอร์ให้เป็นไป ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ในที่นี้จะใช้มอยเตอร์ 4 เฟลเซอร์ NMB รุ่น PM42L-048-NEA6 หมุนสตูปี ๘ 7.5 องศา กระตุนแบบ 2 เฟล์ อาจແທต่ำข่ายไฟ DC 5 V. การกระตุนจะเป็นอยเตอร์มีอยู่ 3 วิธีคือ กระตุน แบบ 1 เฟล์, 2 เฟล์ และแบบครึ่งสตูปี การขับหัวรับ สัญญาณจะใช้การกระตุนแบบ 2 เฟล์ เพราะเป็นการ กระตุนที่ให้ก่อร่องมากที่สุดทั้งในขณะที่เคลื่อนที่และ

บทสนทนา(สูตรที่ 3) การตัดสินใจเบื้องต้นการสร้างแบบ 2 เพื่อ
ใช้ร่วมกับตัวอย่าง ตามสูตรที่ 4

รูปที่ 3 การกราฟต้นแบบ 2 เพลิง



รูปที่ 4 วงศ์ตีบด้วยที่ใช้กระดับแบบ 2 เมตร

การควบคุมพัฒนาปั๊มมอเตอร์ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่ใช้ควบคุมมอเตอร์คือ ภาษาซี เพราะ เป็นภาษาที่มีความย่อข้อตัว และมีประสิทธิภาพ ในการติดต่อกับฮาร์ดแวร์สูง ทั้งอังกานาการถ้าทำงานได้ อย่างรวดเร็ว เราจะใช้ Parallel Port (Printer Port) ใน การติดต่อกับฮาร์ดแวร์ ซึ่งมียอดเครื่องสเท่ากับ 378 รับ ช่องบัญชานาค 8 บิต คือตั้งแต่บิตที่ 0-7(D0-D7) เทียบกับ ขาของพอร์ต คือขาที่ 2-9 และขาที่เป็นกราวต์คือขาที่

18-25

ชื่อสัญญาณ	ความหมาย
2	ส่งสัญญาณนาฬิกาเพื่อกระตุ้นเม็ดเหลืองในมุน A
3	รีบวนดังที่ทำการห้ามบุนเมดเหลืองในมุน A
4	ส่งสัญญาณนาฬิกาเพื่อกระตุ้นเม็ดเหลืองในมุน B
5	รีบวนดังที่ทำการห้ามบุนเมดเหลืองในมุน B

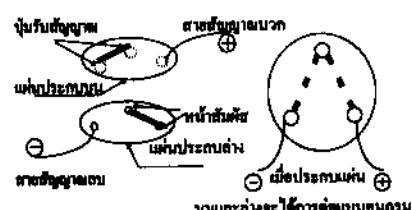
คำสั่งที่สำคัญในการควบคุม คือ outport
 (address,data); ใช้สำหรับส่งข้อมูล, import
 (address,data); ใช้สำหรับรับข้อมูล, delay(msec); ใช้

ในการหน่วงเวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที เช่นการสั่งให้
มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาต้องสั่งให้ปิตที่ 0และทำท่ากวน
1 แกะเปร้าจะต้องแปลงจากเลขฐาน 2 คือ 0 0 1 1
เป็นเลขฐาน 10 คือ $(2^3 \times 0) + (2^2 \times 0) + (2^1 \times 1) + (2^0 \times 1) = 3$
จะนั่นคำสั่งคือ outport(0x378,0x3); ขึ้นด้วยคำสั่ง
delay(100); คือหน่วงไว้ 100 ms แล้วสั่งให้มอเตอร์
outport(0x378,0x2);

4. การออกแนวตัวรับสัญญาณ

ตัวรับสัญญาณเปรียบเสมือนกับสวิทช์แบบปักคีป้า
ตัวหนึ่งที่สามารถส่งสัญญาณออกไปเมื่อถูกตั้มผิดตัวใน
ทิศทางใดๆ ทั้งของแกน XหรือYหรือZ คึ้งนี้มาระ
ด้องทำหน้าสัมผัส 3 ตัว แล้วนำหน้าสัมผัสดังทั้ง 3 ตัวมา
ต่ออนุกรมกัน เมื่อหน้าสัมผัสดังตัวใดตัวหนึ่งเปิดขึ้น
สัญญาณก็จะถูกส่งออกไป

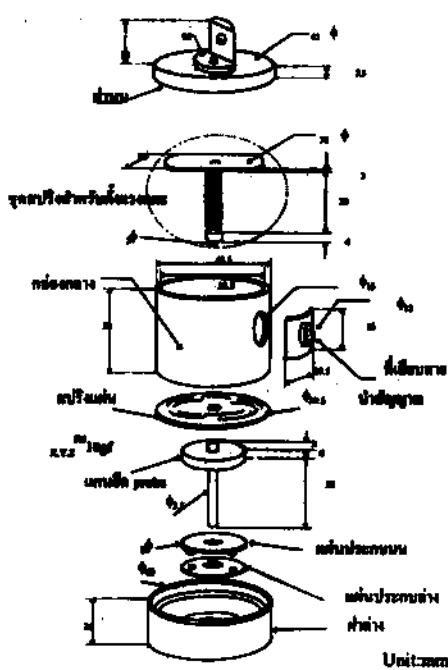
ແພັນຮັບສ້າງຢາມຈະຕ້ອງນີ້ 2 ແພັນ ທີ່ອແພັນຮັບ
ສ້າງຢາມບານແກະສໍາງ ທ່າງເກົາກແພັນປົຣນທ່ວງໃຈໄຫ້ກັດ
ເປັນຢູ່ປະກຄນ ແພັນບານທ່າກເຊື່ອນດີດັບມີດຸກປິນ 3
ເມັດ ທ່ານຸ່ມ 120 ອົງການເຊິ່ງກັນແລະກັນ ສ່ວນແພັນດ້າງກັດ
ເປັນຄາທ່ວງໃຈແກ້ວເຊື່ອນແພັນສາຍສ້າງຢາມ ອູປປີ່ 5



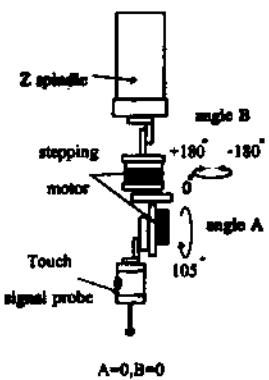
รุปที่ ๕ แผนรับสืบภาระ

นำแผ่นประกันถ่างมาเขีดกับฝ่าถ่าง และแผ่นประกันบนมาเขีดกับแกนรับตัวอย่าง แล้วนำมาติดกับตัวรับเพื่อนำถูกไปประกันด้วยกล้องถ่ายรูปถ่ายตัวรับ แผ่นจะถูกชุดสนปริงสำหรับตึงแรงในการทดสอบเอาไว้ซึ่งถังค้ำแรงของเครื่องที่ฝ่านน ครับที่ 6

การปรับมุมของตัวรันสัญญาณ จะใช้สเกลปี๊ง
ของเครื่องเป็นตัวขับ ให้เกลี่ยองที่อิสระได้ 2 ทิศทาง คือ
หมุน ซ้าย-ขวา และขึ้นลง เรียกว่า การเกลี่ยองที่แบบ
Cylindrical Radius (ดูรูปที่ 7)



รูปที่ 6 ตัวนประกอบตัวรับสัญญาณ



รูปที่ 7 สามเหลี่ยมอเดอร์กับตัวรับสัญญาณ

๕. ขั้นตอนการวางแผน

5.1 การสอนเกี่ยวกับขนาดทั่วรับซัมภาระ

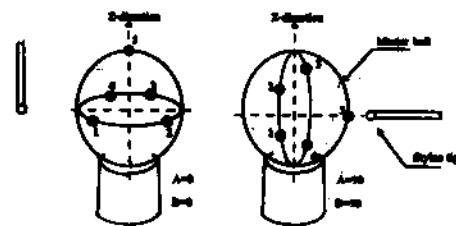
(Probe Calibration)
การสอบเทียบหัวรับสัญญาณ คือการหาขนาดและ
ตำแหน่งของหัวรับสัญญาณซึ่งมีขนาดและความยาว
ต่างๆ กัน จะต้องทำการสอบเทียบใหม่ถ้ามีการอุด
หรือเปลี่ยนตำแหน่ง

การหาน้ำเงินพักรถนั้นถูกทางและค่าแพนจุกถูน์
ถูกทางของหัวรับสัญญาณจะให้บล็อกตามเป็นมาตรฐาน
เรียกว่า Master Ball ที่นิยมใช้มี 2 ขนาดคือ 25.4 และ
19.05 มิลลิเมตร ทำด้วยเหล็กหรือเซรามิก ที่ทางใน
การสอนเทียบหัวรับสัญญาณนี้อยู่กับลักษณะของรั้น
งานที่จะต้อง

ឯកសារណ៍ទី 2 នូមគិត

1. มุนที่ขึ้นลงในแนวแกน Z จะเรียกว่ามุน A
2. มุนที่หมุนรอบศักดิ์สิทธิ์ของบรรษานาค XY จะเรียกว่ามุน B
ครูปที่ 7

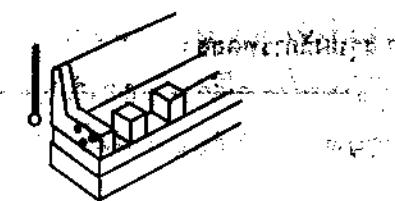
การແຕະ Master ball ຈະດີອອເຕະອອດ່ານນົບຍິ່ງ 4 ຖຸກ
ຈຶ່ງໄປ ໄຊກໍາຕັ້ງ Define probe ຕັ້ງມະນະການແຕະທີ່ມູນ A
ແລະ B ໄດ້ ໄຊພິຈາລາຍາກວຸບທີ່ 8 ຕີ່ຈີ່ໄປປາຍຂອງຫົວ
ຮັບສັງຢູ່ມາຈີ່ໄປຢັ້ງຖຸຄູນຍົກຄາງຂອງMaster ball ເພີ່ມ
ຄາມແນວແກນແດ້ວ່າແປ່ງມູມຕານຮະນາຍທີ່ຈີ່ອອກເປັນ 4
ສ່ວນ ໂດຍປ່ຽນມາຍ້າ ແກະຊຸດຖຸຄູນຫ້າຍທີ່ອອຸດດັກໜັງຖຸຄູນທີ່
ຫົວຮັບສັງຢູ່ມາຈີ່ອໝັ້ນ



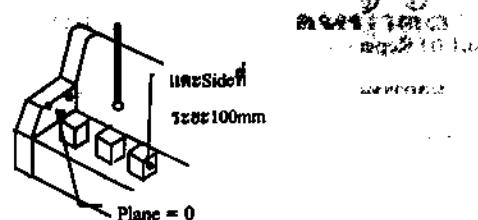
รูปที่ 8 จุดเด่นของหัวรับสัญญาณ Master ball

5.2 การหาค่าแทนผู้ดูแลให้กับชิ้นงาน

เมื่อทราบขนาดของหัวรับสัญญาณแล้วขั้นตอนต่อไปก็คือการหาตำแหน่งศูนย์ให้กับรีบันจังในกราฟโดยที่ใช้หัว Check master เป็นตัวมาตรฐาน (กรุ๊ปที่ 1) ใช้คำสั่ง `Weld Plane` การเดาจะต้องเดาถูกต้อง 3 ครั้งจากนั้นจะต้องตรวจสอบว่ามีเส้นทางเดินที่ชัดเจนแล้วก็สามารถเดินทางได้ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ สำหรับการเดาต้องเดาถูกต้อง 3 ครั้งจากนั้นจะต้องตรวจสอบว่ามีเส้นทางเดินที่ชัดเจนแล้วก็สามารถเดินทางได้ตามเส้นทางที่กำหนดไว้



รูปที่ 9 การทดสอบความหนาแน่นของศูนย์



รูปที่ 10 จุดทดสอบสำหรับทดสอบความหนาแน่น

5.3 การหาค่า Repeatability

ค่า Repeatability คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) “เป็นค่าความเบี่ยงเบนของความพิเศษภาคที่เกิดจากการทดสอบซ้ำๆ ที่อุปกรณ์เดียวกัน หลายครั้ง” เมื่อได้ต้นแบบศูนย์แล้ว ใช้คำสั่ง side และ 1 จุด ที่ตำแหน่งนี้ 20 ครั้ง แล้วคำนวณตามสูตร หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - 1/n [\sum X_i]^2}{n-1}} \quad (1)$$

5.4 การหาค่าคงที่ของสปริง (k)

$$F=kx \quad (2)$$

เมื่อ F=แรงที่ทำให้หน้าสัมผัสด้วยของแข็งจากกัน

k=ค่ากันประดิษฐ์ความอิสระยุ่นของสปริง

x=ระยะความพิเศษภาคที่เกิดขึ้น

การหาค่า F หาได้จากการใช้ Force gage และที่ปลายของหัวรับสัญญาณแล้วด้านบนกระแทกหน้าสัมผัส เป็นครั้งๆ ต่อๆ สำหรับน้ำหนัก การหาค่าความพิเศษภาค(x) จะต้องหาจากขนาดของสีน้ำสูญญากาศของ probe ที่แข็งไม่ได้ซึ่งความพิเศษภาคของสปริง คือจะต้อง input ค่าสีน้ำสูญญากาศ probe แทนการ Calibrate พอไปและ Check master หากแม่หนาแน่นศูนย์ แล้วไปและที่ตำแหน่ง 100mm

สังเกตุว่าเราจะต้องทำ Plane ที่ด้านเดียวกับ Side

ดูรูปที่ 10

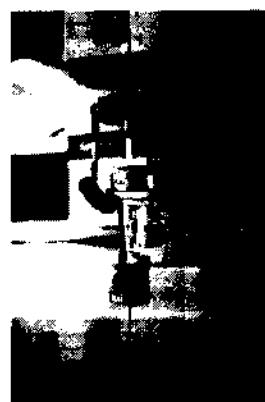
5.5 การหาความสัมพันธ์ของ F และ X

$X \propto F$ มีความหมายว่า เมื่อแรงที่ก่อตัวบนสปริงเปลี่ยน ค่า X ก็จะต้องเปลี่ยนตาม ในหัวขอนี้ จะศึกษาถึงความสัมพันธ์นี้ โดยการเปลี่ยนแรงที่ก่อตัวบนสปริง แล้วหาค่าความพิเศษภาคที่เกิดขึ้น

หัวตอนแรกคือ Input เส้นผ่าศูนย์กลางของ Probe ความขนาดจริง แล้วทำ Plane = 0 และ Side ที่ระยะ 100mm แล้วเพิ่มแรงกดที่สปริง โดยการขันสกรูที่ฝาบน ใช้ Force gage ตรวจสอบว่าได้แรงตามที่ต้องการหรือไม่ ทำการทดสอบอีกครั้ง โดยทำที่บูร A=0, B=0 เพื่อนั้น

6. ผลการทดลอง

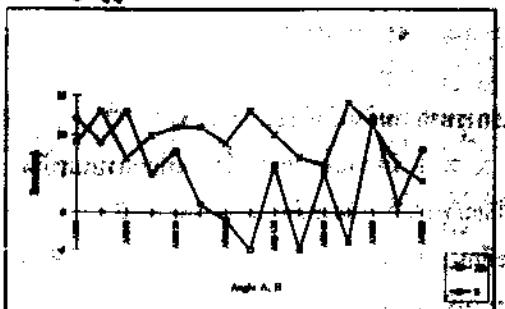
การทดลองนี้ใช้เครื่องวัด 3 แกนรุ่น Geoby 300 ซึ่งมีค่าความพิเศษภาค $= 15 + (20L/1000) \mu\text{m}$ คือที่ $L=0$ จะพิเศษภาคได้ $15 \mu\text{m}$ และใช้หัวรับสัญญาณ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 หัวรับสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง

6.1 ค่า Repeatability

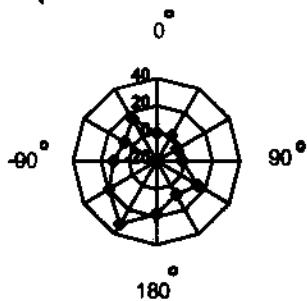
ผลการทดสอบของบูมค่างๆ ได้นำมา Plot ลงบน Control chart โดยทำการทดสอบบูมละ 20 ตัวได้ค่า Repeatability รวม จากข้อมูล 15 บูมเท่ากับ $11.55 \mu\text{m}$ ที่ $F = 4\text{gf}$ ดูรูปที่ 12



รูปที่ 12 Control chart of Repeatability

6.2 ค่าคงที่ของสปริง

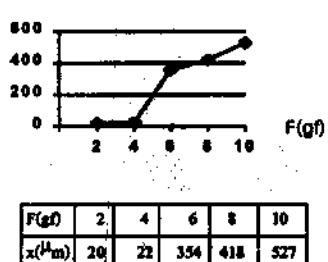
การหาค่าคงที่ของสปริงจะให้บูม A=0 และเปลี่ยน บูม B ไปครึ่งละ 30 องศา



รูปที่ 13 Radar chart ของค่า k

6.3 ความสัมพันธ์ของ F และ x

การทดสอบนี้ จะเปลี่ยนค่า F ครึ่งละ 2 gf จาก 2 - 10 gf เพื่อหาค่า x
 $x(\mu\text{m})$



รูปที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ของ F และ x

7.สรุปผลการทดลอง

สรุปของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับสัญญาณของตัวรับสัญญาณ มีดังนี้

1. ค่าคงที่ของสปริงในทิศทางต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน ไม่ว่าค่าของ k จะมากหรือน้อยจะไม่มีผลกับค่า error เพราะว่าการ Calibrate probe จะทำการซัดเช่นเดียวกับค่า error ของสปริง แต่ค่า k ในทิศทางต่างๆ ไม่เท่ากันจะทำให้ค่าของการซัดเช่นการ Calibrate probe ผิดพลาดไปด้วย

2. แรงที่ใช้ในการทดสอบตัวรับสัญญาณไม่คงที่ทำให้ค่า error ที่เกิดจากการทดสอบที่สำคัญกวันไม่เท่ากัน

3. ตัวเศษปัจจัยของเครื่องมือความสามารถในการรับทอร์ก ได้ไม่เพียงพอ จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มแรงกดของสปริงให้มากขึ้น ค่า error ก็จะมากขึ้นด้วยแต่จะต้องมากน้อยในอัตราเชิงเส้น แต่จากการทดสอบไม่เป็นเช่นนั้น เพราะเวลาที่จะทดสอบชิ้นงานค่าสปริงที่แข็งจะทำให้ตัวของเครื่องมือการหมุนเล็กน้อยก่อนที่หน้าสัมผัสจะบรรจบ

8.เอกสารอ้างอิง

[1] Catalogue Coordinate Measuring Machine No:

MAP.1021 (2) 1994 Mitutoyo Asia Pacific Pte.Ltd., Singapore.

[2] Geopak-3 (v5.0) Instruction Manual Nr.011090 1995 Mitutoyo Neuss, Germany.

[3] H. D. Young "Physics, eighth edition", Addison-Wesley, 1992.

[4] Statpak-3 Instruction Manual Nr.011090 1995 Mitutoyo Neuss, Germany.

[5] มนตรี เศรษฐ์ดิวงศ์, วิศวกร ขายพิพัฒน์ชัย, วิชาญรุํ เรืองวงศ์ไกรชนก, ศรีรัช รุจิรัตนกุล “สามปัจจัยของการทดสอบค่าคงที่สปริง” วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2535