

การควบคุมน้ำหนักในการผสมอาหารสัตว์อย่างอัตโนมัติ

โดย

อ.สมนึก ชุติลป์ *

คำนำ

ความต้องการวัดน้ำหนักที่แน่นอนในธุรกิจการเกษตร เกิดจากความต้องการใช้เครื่องมือจักรกลการวัดน้ำหนักที่แน่นอนช่วยในด้าน (1) การควบคุมน้ำหนักอาหารในการผสมอาหารสัตว์ (2) การวัดน้ำหนักสัตว์ที่แน่นอนเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต (3) เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาผลกำไรในธุรกิจการเกษตร ในการผลิตเนื้อ, ไข่, ใช้เงินลงทุนด้านอาหารสัตว์ 50-75 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โหลดเซลล์ (electronic load cell) ใช้กว้างขวางในการวัดน้ำหนักและอุตสาหกรรมแบบผสมอาหารสัตว์แบบอัตโนมัติ การใช้โหลดเซลล์ต้องตั้งให้เป็นศูนย์ก่อนการใช้ และไม่สามารถซ่อมได้โดยผู้ใช้ เครื่องมือควบคุมน้ำหนักที่มีสวิสช์ซึ่งใช้วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ๆ มีแนวโน้มใช้ควบคุมน้ำหนักในการผสมอาหารสัตว์อย่างอัตโนมัติ

วัสดุและวิธีการ

เครื่องมือควบคุมน้ำหนักที่ใช้ในงานทดลอง ผลผลิตจาก W.C Dillon and Co., Inc., 14620 Keswick St., Van Nuys California. เครื่องมือควบคุมน้ำหนักมีทั้งแบบรับแรงดึง (Tension Model Force control Gauge,) และแบบรับแรงอัด (Compression Model Force Control Gauge) เครื่องมือแต่ละชนิดมี เกจวัดแรงและไมโครสวิสช์ 4 ตัว (รูปที่ 1)

เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึง รับน้ำหนักสูงสุด 2500 กิโลกรัม เมื่อมีแรงกระทำปลายแขนเครื่องมือเคลื่อนออก เกจแสดงแรงที่กระทำเป็นกิโลกรัม ไมโครสวิสช์ทำงานด้วยการเคลื่อนออกของแขนเครื่องมือ สวิสช์ต้องตั้งไว้ก่อนให้ปิดเปิดตามตำแหน่งการเคลื่อนของแขนเครื่องมือ วงจรไมโครสวิสช์ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ ส่วนเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงอัด รับน้ำหนักได้ 1000 กิโลกรัม การทำงานของเครื่องมือเหมือนกับเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึงแต่แรงกระทำมีทิศทางกดและแขนเครื่องมือเคลื่อนเข้าหากัน

จุดประสงค์ของการทดลอง เพื่อพิจารณาความแม่นยำ (accuracy) และความแน่นอน (Precision) ของเครื่องมือควบคุมน้ำหนักในการประยุกต์เพื่อควบคุมน้ำหนักในการผสมอาหารสัตว์ และจากคุณสมบัติที่ต้องการควบคุม การทดสอบเครื่องมือแบบรับแรงดึงใช้ถังแขวนวัดน้ำหนัก (weighing hopper) การทดสอบเครื่องมือแบบรับแรงอัดใช้การจำลองคล้ายเครื่องมือผสมอาหารสัตว์แบบติดตั้งบนรถ (portable grinder mixer)

ระบบวัดน้ำหนักใช้เครื่องมือควบคุมแบบรับแรงดึงประกอบด้วย ถังแขวน, โคนาโมมิเตอร์วงแหวน (strain gaged ring dynamometer) และเครื่องมือควบคุมน้ำหนักติดตั้งในแนวเดียวกัน (รูปที่ 2)

ไดนาโมมิเตอร์วางแผนไว้ใช้เป็นมาตรฐานของแรง ซึ่งได้รับการตรวจสอบกับน้ำหนักที่ชั่งด้วยเครื่องแพลตฟอร์ม ซึ่งมีความละเอียด 0.1 กิโลกรัม ใช้น้ำหนักข้าวสาลีในการทดสอบโดยการกำหนดเป็นอัตราส่วน ไมโครสวิตซ์ 4 สวิตซ์สามารถใช้ควบคุมน้ำหนัก 5 ชนิดในการผสมอาหารสัตว์ แต่ในการทดลองใช้น้ำหนักเพียง 3 ชนิด ไมโครสวิตซ์ที่ 4 ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือขนถ่ายวัสดุแบบกระพ้อ ระบบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 3 แผงควบคุมสวิตซ์ ซึ่งใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือที่เชื่อมกับไมโครสวิตซ์ แสดงดังรูปที่ 4

การปรับ ไมโครสวิตซ์ให้ทำงานทำได้ดังนี้

1. ตั้ง เกจของเครื่องมือให้เป็นศูนย์สำหรับน้ำหนักถังแขวน
2. ให้เครื่องมือขนถ่ายวัสดุแบบสกรูที่ 1 ทำงาน เมื่อเกจวัดน้ำหนักแสดงปริมาณน้ำหนักเท่ากับอัตราส่วนอาหารส่วนที่ 1 ไมโครสวิตซ์ใช้ควบคุมเครื่องมือขนถ่ายแบบสกรูที่ 1 ให้หยุดการทำงาน และวงจรเครื่องมือขนถ่ายวัสดุแบบสกรูที่ 2 เริ่มทำงาน
3. ทำนองเดียวกับขั้นตอนที่ 2 แต่ใช้ไมโครสวิตซ์ ควบคุมเครื่องมือขนถ่ายวัสดุแบบสกรูที่ 2
4. ทำนองเดียวกับขั้นตอนที่ 2 แต่ใช้ไมโครสวิตซ์ควบคุมเครื่องมือขนถ่ายวัสดุแบบสกรูที่ 3

อัตราส่วนสามอัตราส่วนใช้ในการทดลอง คือ น้ำหนัก (กิโลกรัม) 200 : 300 : 500, 500 : 300 : 200 และ 700 : 200 : 100 แต่ละอัตราส่วนมีการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องมือจากการตั้งการทำงานของไมโครสวิตซ์ แต่ละการตั้งไมโครสวิตซ์หนึ่งครั้งมีการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความแน่นอนในการควบคุมน้ำหนักของเครื่องมือ ที่อัตราส่วนผสม 500 : 300 : 200 ใช้ทดลองผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อการควบคุมน้ำหนักของเครื่องมือ ทดสอบทุกการเปลี่ยนแปลง 10°C ในช่วงอุณหภูมิช่วง -20°C ถึง 40°C

การทดสอบเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงอัด ใช้ท่อนเหล็ก (wide Flange) ขนาด $7.6 \times 6.4 \times 1.0$ เซนติเมตร ยาว 165 เซนติเมตร เครื่องมือรองรับท่อนเหล็กที่ปลายข้างหนึ่ง ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งรองรับแบบ simply support ให้น้ำหนักของเครื่องมือทดสอบ (testing machine) กดที่จุดกึ่งกลางคานและห่างจากจุดกึ่งกลางคาน การตั้งการทำงานของไมโครสวิตซ์พิจารณาจากเกจของเครื่องมือควบคุมน้ำหนักเมื่อมีแรงกระทำโดยตรงอัตราส่วนน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบคือ 96 : 192 : 478 : 956 กิโลกรัม

ผลการทดลองและวิจารณ์

แต่ละการทดลองมีการเทียบน้ำหนักจริง (Calibration) ความไม่แน่นอน (uncertainty) ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลน้ำหนักมีดังนี้.-

การทดลองใช้ถังแขวนมีการเทียบน้ำหนักจริง 3 ครั้ง ในทุกอัตราส่วนที่ใช้ทดลองและทำการเทียบน้ำหนักจริง 2 ครั้ง ในการทดลองแต่ละอุณหภูมิ เช่นการทดลองที่อัตราส่วน 700 : 200 : 100 ได้ค่าเฉลี่ย sensitivity เท่ากับ 473.13 กิโลกรัม/โวลต์

ความไม่แน่นอนมีดังนี้

$$\text{ค่าจากโวลต์มิเตอร์ (x)} = 2.0 \text{ V}$$

$$\Delta x = \pm 0.002 \text{ V}$$

$$\text{ค่า sensitivity (K}_s\text{)} = 473.13 \text{ กิโลกรัม/ V}$$

$$\Delta K_s = \pm 1.72 \text{ กิโลกรัม/ V}$$

$$\text{น้ำหนักจริง } 944.89 \text{ กก. } \pm 0.51 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

เมื่อพิจารณาจากเกจเครื่องมือมีความแม่นยำ 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอ่านค่าได้ไม่ต่ำกว่า 2.5 กิโลกรัม ดังนั้นผลจากการอ่านเกจจึงมีความผิดพลาดได้ ± 2.5 กิโลกรัม

$$\text{น้ำหนักจริง } 945 \pm 2.5 \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{หรือ } 945 \pm 0.3 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ค่าความแม่นยำและความแน่นอนที่ใช้ในการศึกษาเรื่องน้ำ (Bagg, 1974; Holman, 1971) คือ

$$\text{ความแม่นยำ} = \text{ค่าผิดพลาดมากที่สุด}$$

$$= 100 (M_o - M_d) / M_d, \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$M_o = \text{เป็น ปริมาณที่ได้}$$

$$M_d = \text{ปริมาณที่ต้องการ}$$

$$\text{ความแน่นอน} = \text{ค่าเบี่ยงเบนมากที่สุดจากค่าเฉลี่ย}$$

$$100 (M_{mx} - M_a) / M_a, \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$M_a = \text{ค่าเฉลี่ย ปริมาณที่ได้}$$

$$M_{Mx} = \text{ปริมาณที่แตกต่างจาก } M_a \text{ มากที่สุด}$$

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำของเครื่องมือควบคุมแบบปรับแรงดึง ซึ่งให้ค่าความแม่นยำของน้ำหนักทั้งหมดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักแต่ละส่วนให้ความแม่นยำน้อย น้ำหนักที่มากกว่าหรือเท่ากับ 400 กิโลกรัม ให้ความแม่นยำมากกว่าน้ำหนักที่ 300 กิโลกรัมหรือน้อยกว่า น้ำหนักน้อยที่สุดที่ให้ค่าความแม่นยำดี คือ 200 กิโลกรัม

ค่าความแน่นอนของไมโครสวิสต์ แสดงในตารางที่ 2 พร้อมแสดงค่าความแม่นยำ ข้อมูลแสดงความแน่นอนดีกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำเป็น 5.5 เปอร์เซ็นต์หรือดีกว่า เมื่อใช้น้ำหนัก 200 กิโลกรัม ถ้ายอมรับค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน ดังนั้นได้ค่าความแม่นยำเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ หรือดีกว่า

ผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปแสดงในตารางที่ 3 ความแม่นยำไม่เกิน 5.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิต่ำสุด 20°C และน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิสูงสุด 40°C ของการทดลอง

ผลการทดสอบเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงกดแสดงความแม่นยำ 5.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแรงกระทำที่จุดกึ่งกลางของคาน (ตารางที่ 4) แรงที่กระทำเป็นสองเท่าของตัวเลขที่แสดงจาก เกจ เพราะสมมุติ เครื่องมือรับน้ำหนักเพียงครึ่งเดียวของถึงในแนวระดับ ความแม่นยำสามารถทำได้ถึง 0.18 เปอร์เซ็นต์ โดยการ เทียบกับน้ำหนักจริง แต่ถ้าแรงกระทำกับคานไม่ตรงจุดกึ่งกลางไม่มีความแม่นยำเกิดขึ้น

ตารางที่ 5 แสดงความแน่นอนในการเคลื่อนที่จากกลไก ของไมโครสวิตช์ น้ำหนักน้อย ให้ค่าทั้งความแน่นอนและความแม่นยำต่ำ ในขณะที่น้ำหนักมากสามารถยอมรับได้ทั้งความแม่นยำและความแน่นอน ความแม่นยำทั้งหมด 1.4 เปอร์เซ็นต์ และความแน่นอนเป็น 0.75 เปอร์เซ็นต์

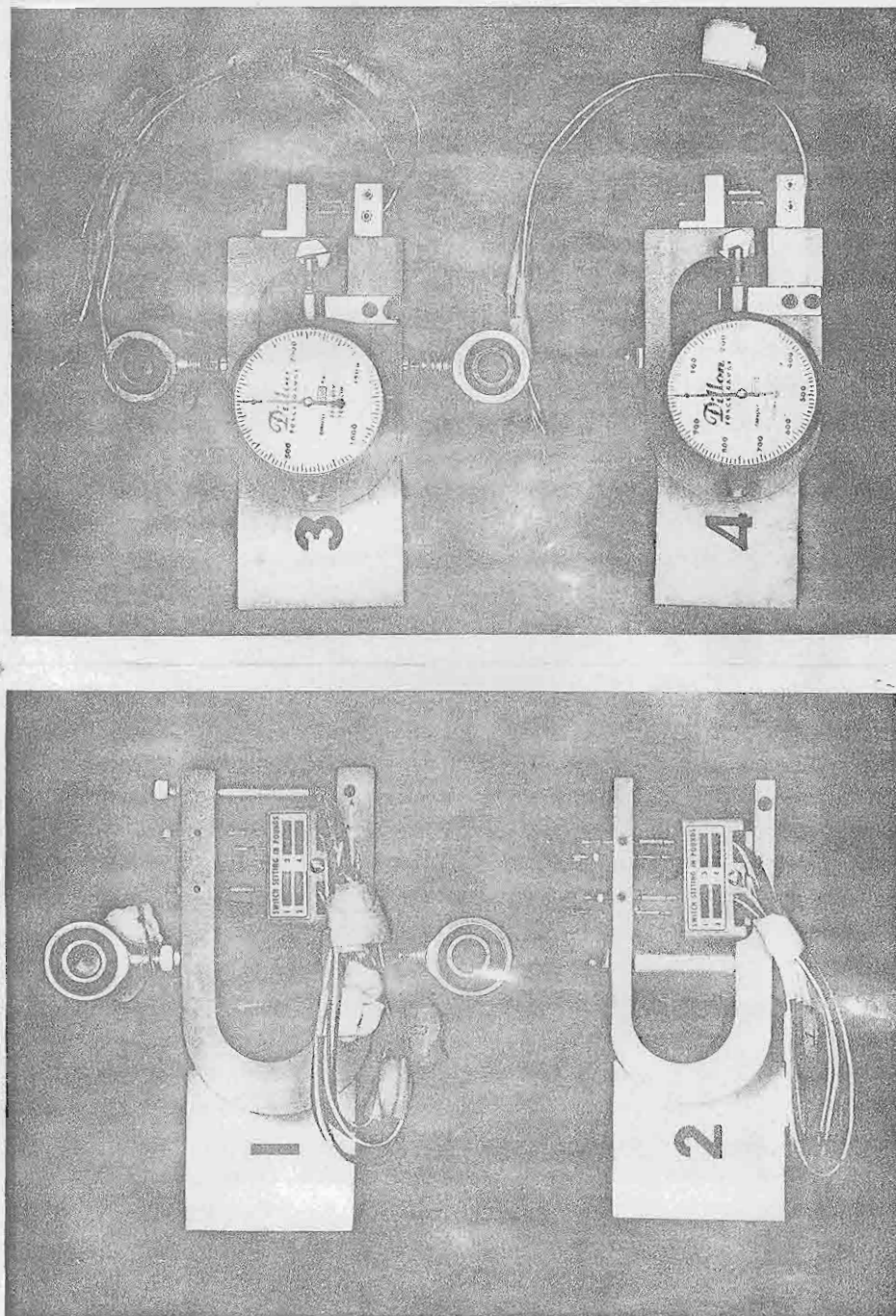
สรุป

จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

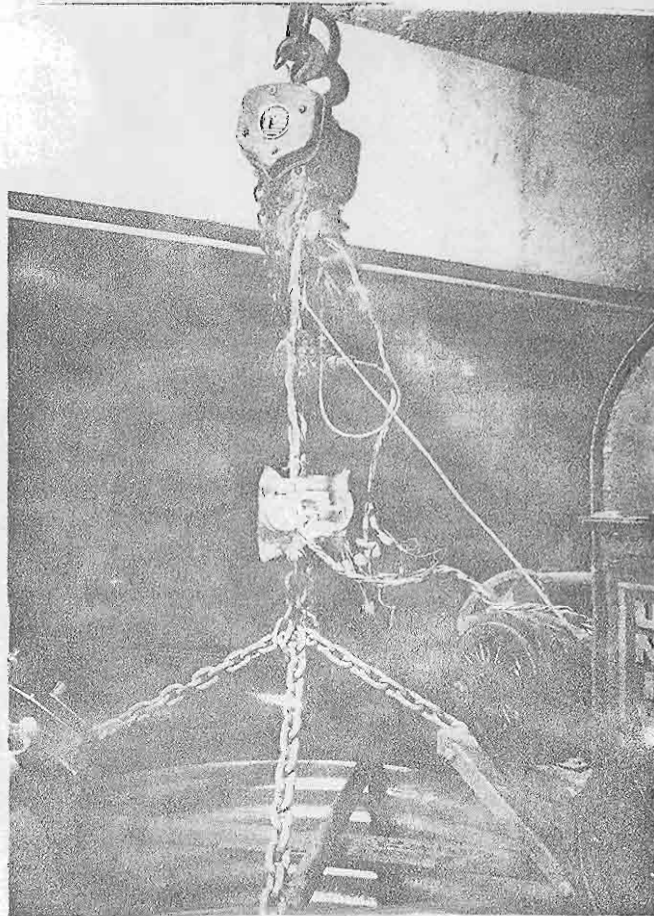
1. แนวทางการใช้เครื่องมือควบคุมน้ำหนักอย่างอัตโนมัติในการผสมอาหารสัตว์ได้รับการสาธิต
2. ที่อุณหภูมิห้องความแน่นอนของเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึงดีกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ในการควบคุมน้ำหนัก 100, 200, 300, 500 และ 700 กิโลกรัม ส่วนเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงอัดให้ค่าดีกว่า 5 เมื่อใช้ควบคุมน้ำหนัก 96, 192, 478 และ 955 กิโลกรัม
3. ความแม่นยำของเครื่องมือทั้งสองแบบขึ้นอยู่กับ การตั้งการทำงานของไมโครสวิตช์
4. ผลจากอุณหภูมิที่มี ต่อน้ำหนักเมื่อใช้เครื่องมือ ในช่วงอุณหภูมิ -20°C ถึง 40°C ไม่มีผลมากนัก
5. การใช้เครื่องมือควบคุมแบบรับแรงกด ถ้าน้ำหนักไม่ลงที่จุดศูนย์กลางให้ค่าความแม่นยำต่ำ

หนังสืออ้างอิง

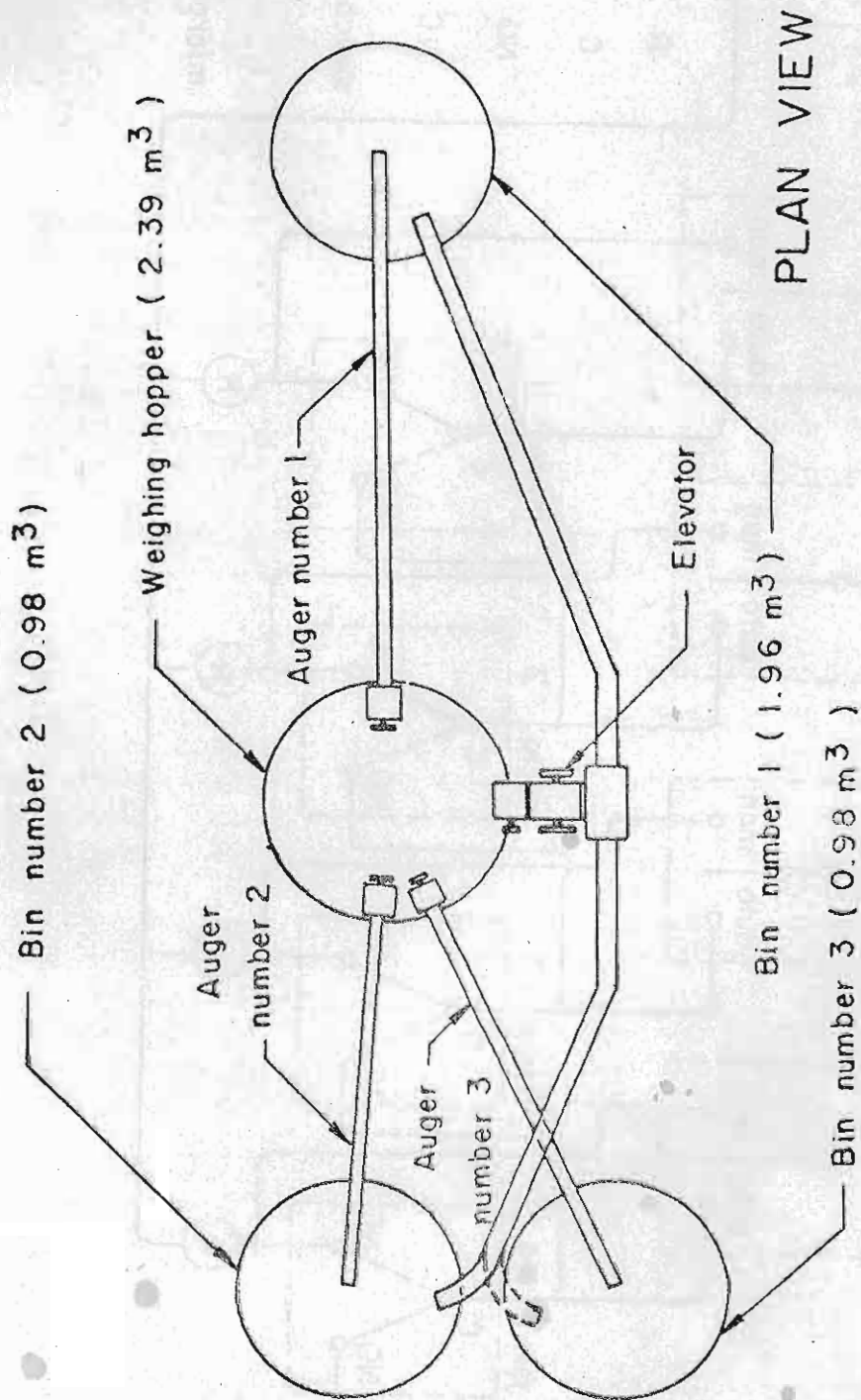
1. Bragg G.M. 1974. Principles of Experimentation and Measurement. Prentice-Hall Inc., Englewood, N.J. 176 P.
2. Chusilp, S. 1977. The Application of Commercial Force Contral for Proportioning Feed Ration Ingredients for On-Farm Feed Mixing. Unpublished Master's Thesis, The University of Manitoba. Winnipeg. Canada
3. Doebelin, E.O. 1966. Measurement Systems: Application and Design. McGraw-Hill Book Co., New York, 743 P.
4. Holman, J.P. 1971. Experimental Methods For Engineer. McGraw-Hill Book Co., New York. P 321 - 347.



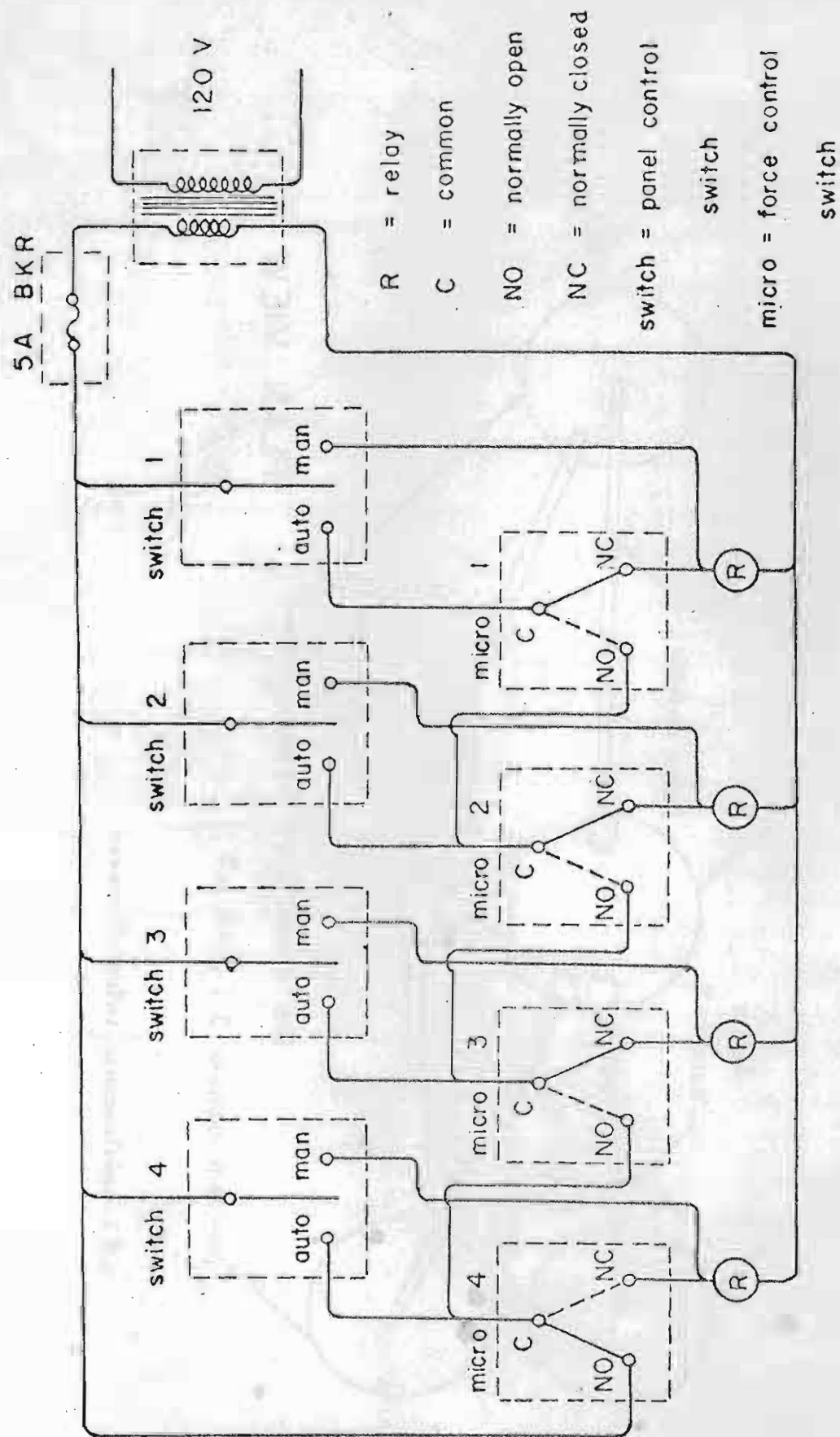
- รูปที่ 1 เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึง (บน) และแบบแรงอัด (ล่าง)
- 1 เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึง , โมเดล B, ขนาด 2500 กิโลกรัม
 - 2 เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงอัด , โมเดล B, ขนาด 1000 กิโลกรัม
 - 3 เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึง , โมเดล X, ขนาด 2500 กิโลกรัม
 - 4 เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงอัด , โมเดล X, ขนาด 1000 กิโลกรัม



รูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องมือ ในการทดสอบเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึง



รูปที่ 3 แอ่งโดอะแนม เครื่องมือที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 4 แสดงไดอะแกรม วงจรที่ใช้ควบคุม

ตารางที่ 1 ความแม่นยำของเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึง (ทดลองตั้งการทำงานของไมโครสวิต 5 ครั้งในแต่ละอัตราส่วน)

อัตราส่วน/ทั้งหมด กิโลกรัม	ความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) น้ำหนักแต่ละส่วน			ปริมาณ ทั้งหมด
	1	2	3	
200:300:500/1000	-1.85	+4.10	-1.68	+1.15
500:300:200/1000	+2.66	-2.30	+7.65	+2.03
700:200:100/1000	+1.97	-13.20	+18.3	+0.72

ตารางที่ 2 ความแม่นยำและความแน่นอน ของเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึง (ทดลองซ้ำ 10 ครั้ง)

อัตราส่วนที่ต้อง (กิโลกรัม)	อัตราส่วนเฉลี่ยจริง (กิโลกรัม)	ความแม่นยำ (%) / ความแน่นอน (%) น้ำหนักแต่ละส่วน		
		1	2	3
200:300:500	199.5:307.4:502.9	-1.10/-0.84	+3.30/-0.49	+1.28/-1.15
500:300:200	510.4:296.8:207.6	+2.20/-0.22	-1.63/+0.63	+5.50/+1.66
700:200:100	708.5:187.6:106.3	+1.57/-0.44	-7.90/+2.85	+8.70/-2.97

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความแม่นยำของเครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงดึงที่อุณหภูมิต่างๆ (อัตราส่วน 500 : 300 : 200 ทดลองซ้ำ 5 ครั้ง)

ค่าอุณหภูมิ	ค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) ส่วนน้ำหนัก		
	1	2	3
-20	+ 0.78	- 1.23	+ 2.45
-10	+ 1.56	- 1.00	+ 2.30
0	+ 1.18	- 1.75	+ 1.50
+10	+ 0.58	- 1.93	+ 0.10
+20	+ 2.12	- 2.13	+ 0.55
+30	+ 2.38	- 3.67	+ 1.00
+40	+ 2.70	- 3.67	+ 0.80

ตารางที่ 4 ความแม่นยำ ของ เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงกด (เฉลี่ยแรงกระทำ 7 ครั้ง)
 ตารางที่ 4 ความแม่นยำ ของ เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงกด (เฉลี่ยแรงกระทำ 7 ครั้ง)

ชนิดของแรง	ช่วงน้ำหนักจริง		ความแม่นยำ (%)	
	(กิโลกรัม)	จากเกจ	จากน้ำหนักจริง	จากน้ำหนักจริง
- บนคานกลาง	189	ถึง 1423	+ 5.49	+ 8.18
- ทาง 30 เซนติเมตร				
- บนทางเครื่องมือควบคุม	140	ถึง 1051	+ 42.8	+ 35.6
- ทาง 30 เซนติเมตร				
- ตรงข้ามเครื่องมือควบคุม	324	ถึง 2437	- 38.4	- 41.5

ตารางที่ 5 ความแม่นยำในทางหลวงของไม้โครงสร้าง ของ เครื่องมือควบคุมน้ำหนักแบบรับแรงกด (ทดลองซ้ำ 15 ครั้ง)

อัตราส่วนน้ำหนัก	อัตราส่วนน้ำหนักจริง/	ความแม่นยำ (%)	ความแม่นยำ (%)
ตอกลว/น้ำหนักทั้งหมด	น้ำหนักทั้งหมด	ปริมาณแต่ละส่วน	ทั้งหมด
(กิโลกรัม)	(กิโลกรัม)	1	2
		3	4

DR1	AR2	-9.06/-4.48	-8.59/-6.63	+2.38/-2.72	+3.31/-
955.9	963.4		+1.48/-0.75		-1.78

1	DR	96.0:95.5:286.7:427.7
2	AR	91.4:93.5:280.4:488.1