บทที่ ๒

หลักการของพลอตเตอร์

พลอตเตอร์คืออุปกรณ์ซึ่งช่วยในการพลอตกราฟและลากเส้นโดยใช้ปากกา ภาพที่วาดออกมาจะเป็นไปตามคำสั่งและข้อมูลที่เครื่องได้รับ

๒.๑ ระบบกลไกของพลอตเตอร์

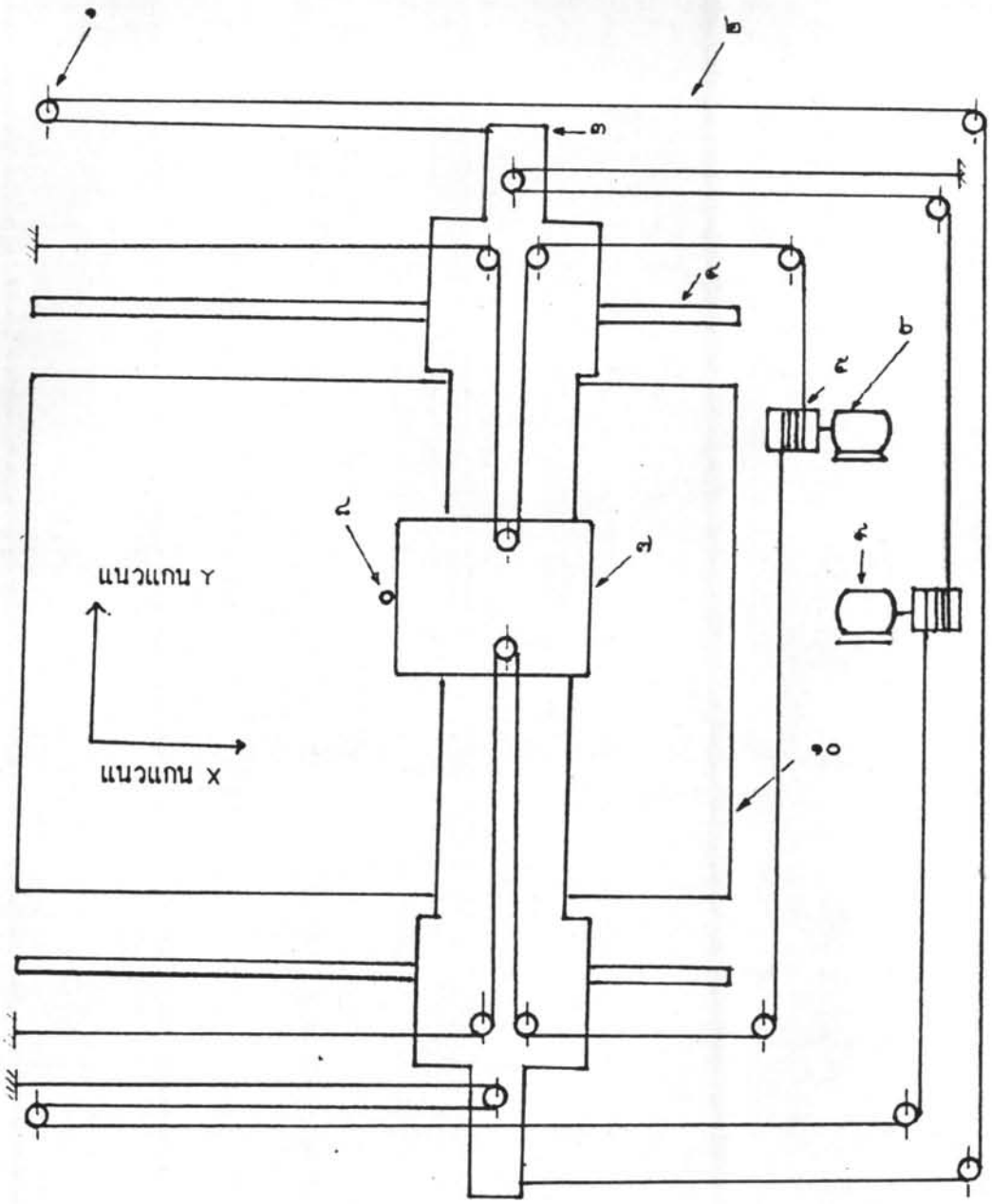
กลไกของพลอตเตอร์มีชิ้นส่วนที่สำคัญที่จะทำให้เกิดภาพบนกระดาษได้ ดังรูปที่ ๒.๑ และ๒.๒ การทำงานของระบบกลไกจะเป็นไปดังนี้

๒.๑.๑ การยกและกดปากกา

จากรูปที่ ๒.๒ เมื่อต้องการยกปากกา ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกจ่ายกระแสไฟฟ้าเกิดแรงแม่เหล็กดึงบานพับลง ปากกาจะถูกยกขึ้น เมื่อต้องการกดปากกาลงบนกระดาษ ก็ตัดกระแสไฟฟ้าออก ปากกาก็จะถูกกดลงบนกระดาษด้วยแรงสปริง

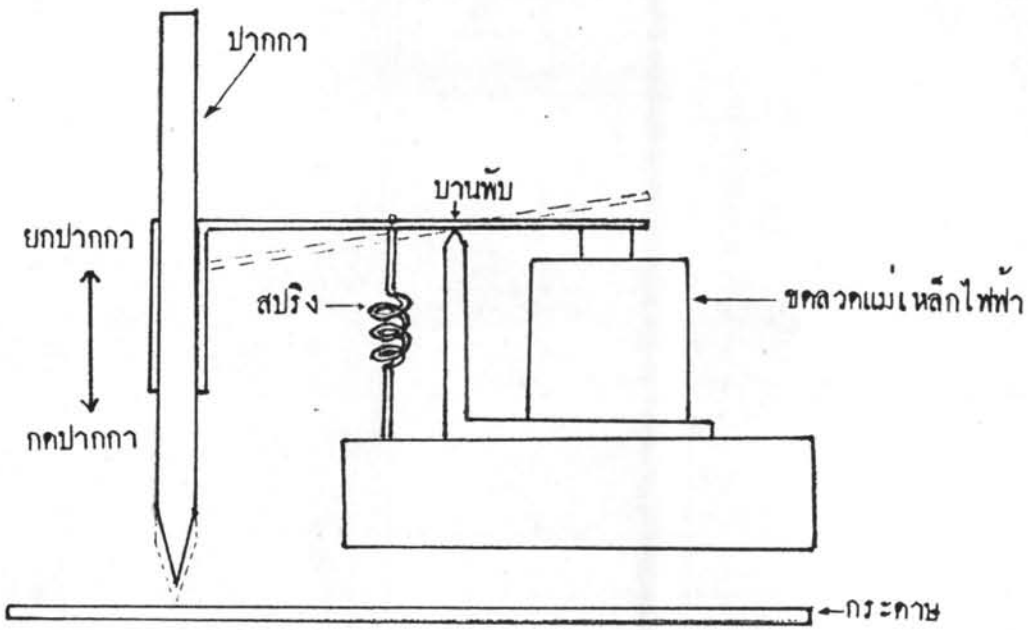
๒.๑.๒ การเคลื่อนปากกาในแนวราบ

จากรูปที่ ๒.๑ แกน Y จะเป็นเสมือนรางที่ให้แท่นยึด ระบบยกปากกาในรูปที่ ๒.๒ เคลื่อนไปมาตามแนวแกน Y ได้ ขณะเดียวกันแกน Y ก็จะเลื่อนไปมาในแนวแกน X ได้ โดยแกน Y จะเลื่อนอยู่บนรางในรูปที่ ๒.๑ อีกทีหนึ่ง



๑. รอก
๒. เชือก
๓. แกน
๔. ราง
๕. ล้อพันด้วยเชือก
๖. เสตปปิงมอเตอร์ (มอเตอร์ X) ใช้เคลื่อนแท่นยึดปากกา
๗. แท่นยึดระบบยกปากกา
๘. ที่ยึดปากกา
๙. เสตปปิงมอเตอร์ (มอเตอร์ Y) ใช้เคลื่อนแกน Y
๑๐. แท่นวางกระดาษ

รูปที่ ๒.๑ ระบบกลไกของพลอตเตอร์

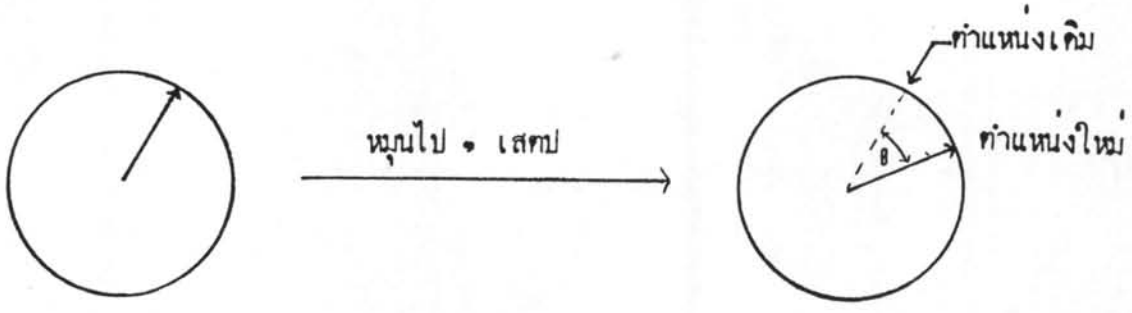


รูปที่ ๒.๒ ระบบยกและกดปากกา

เมื่อต้องการลากเส้นตรงลงบนกระดาษ ก็ให้ปากกาลากลงบนกระดาษ เมื่อมอเตอร์ X หมุน และมอเตอร์ Y หยุดอยู่กับที่ เชือกซึ่งพันอยู่บนล้อซึ่งต่อกับแกนของมอเตอร์ X ก็จะดึงให้แท่นยึดระบบยกปากกาเคลื่อนไปบนแกน Y ก็จะได้เส้นตรงในแนวแกน Y ถ้าให้มอเตอร์ Y หมุน และมอเตอร์ X หยุดอยู่กับที่ ก็จะได้เส้นตรงในแนวแกน X โดยใช้หลักการในทำนองเดียวกัน

๒.๒ การทำงานของเสตปปิงมอเตอร์

เสตปปิงมอเตอร์ คือมอเตอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถบังคับให้เพลาของมอเตอร์หมุนจากตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งถัดไปด้วยมุมค่าหนึ่งตามที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ ทั้งในทิศทางหวนเข็มนาฬิกา ข้อจำกัดในการหมุนของเพลาก็คือ จะหมุนได้ครั้งละ • มุม ซึ่งมุมนี้จะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตของมอเตอร์ว่ามุมเล็กที่สุดที่จะหมุนไปได้มีค่าเท่าใด ในที่นี้ได้ใช้เสตปปิงมอเตอร์#103-775-6 ซึ่งสามารถหมุนได้ด้วยมุมเล็กสุด มีค่า ๑.๘ องศา มุมที่จะสามารถให้เพลาหมุนไปได้จึงมีค่าเป็นจำนวนเท่า(ต้องเป็นเลขจำนวนเต็ม) ของ ๑.๘ องศา การหมุน ๑.๘ องศา จะเรียกว่าการหมุน • เสตป (Step) ดังรูปที่ ๒.๓



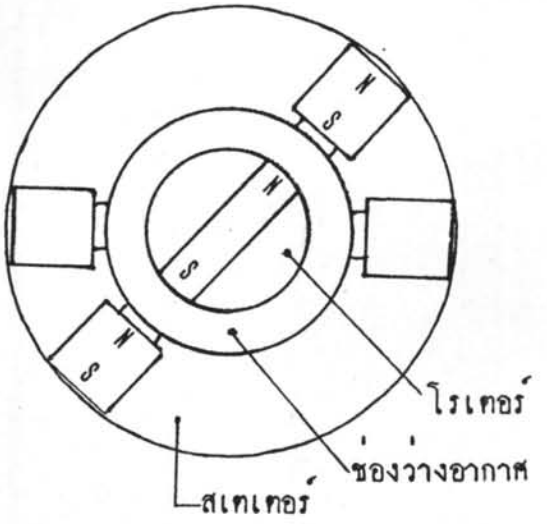
รูปที่ ๒.๓ การหมุนของเสตปปิงมอเตอร์

๒.๒.๑ โครงสร้างของเสตปปิงมอเตอร์

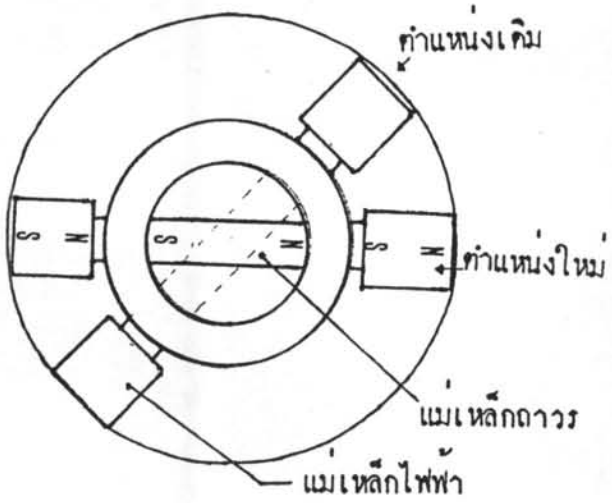
เสตปปิงมอเตอร์มีโครงสร้างที่สำคัญอยู่ ๒ ส่วน คือ

๑. ส่วนที่หมุนได้ เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ทำด้วยแม่เหล็กถาวรติดอยู่กับเพลาของมอเตอร์ สามารถหมุนได้รอบตัว

๒. ส่วนที่อยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วยขดลวดทำหน้าที่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อได้รับกระแสไฟตรง ก็จะเกิดสภาพเป็นแม่เหล็กขึ้น



รูปที่ ๒.๔.๑



รูปที่ ๒.๔.๒

รูปที่ ๒.๔ การควบคุมเสตปปิงมอเตอร์

จากรูปที่ ๒.๔.๑ เมื่อทำให้แม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละตัวเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก แม่เหล็กถาวรซึ่งมีขั้วเหนือและขั้วใต้ติดอยู่กับโรเตอร์ จะหมุนตัวเองให้ขั้วเหนือดูดอยู่กับขั้วใต้ของแม่เหล็กไฟฟ้า และขั้วใต้ของแม่เหล็กถาวรดูดอยู่กับขั้วเหนือของแม่เหล็กไฟฟ้า โรเตอร์ ก็จะค้างหยุดนิ่งอยู่กับที่ในลักษณะของรูป ๒.๔.๑ โดยมีแรงยึดให้อยู่กับที่เกิดจากสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรและแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อเปลี่ยนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เป็นเหมือนรูป ๒.๔.๒ แม่เหล็กถาวรซึ่งติดอยู่กับโรเตอร์ ก็จะทำให้เพลาหมุนมาอยู่ในตำแหน่งใหม่ มุมที่หมุนได้มีค่าเป็นมุม θ ซึ่งเป็นมุมเดียวกับรูป ๒.๓ เมื่อมีแรงกระทำจากภายนอกมากระทำกับเพลาเพื่อให้หมุนไปจากเดิม แรงของแม่เหล็กไฟฟ้าและแม่เหล็ก

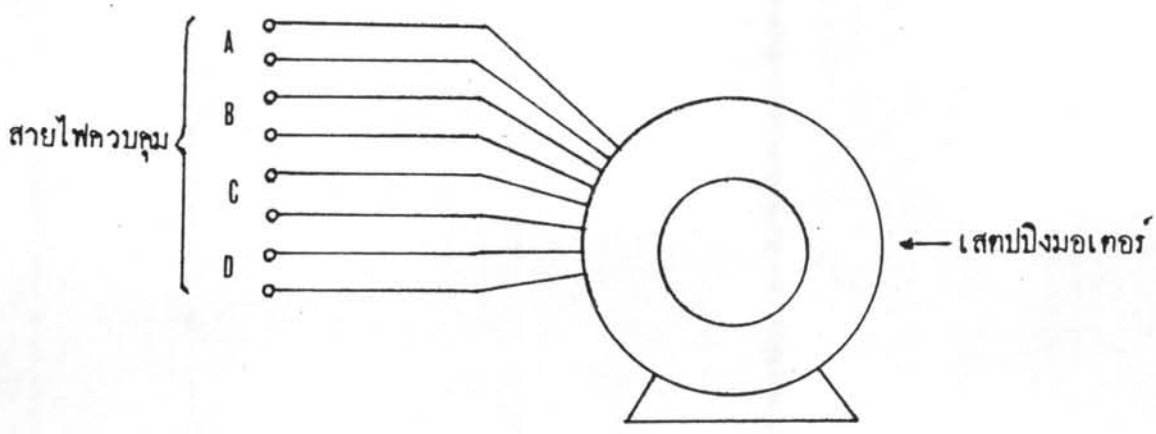
ฉาวรที่ดูดกันจะต้านแรงกระทำภายนอกไว้ไม่ให้โรเตอร์หมุนไป แรงต้านที่เกิดนี้เรียกว่า Holding Torque ซึ่งจะจำกัดอยู่ค่าหนึ่ง ถ้าแรงกระทำภายนอกมากกว่าก็จะทำให้เพลาหมุนไปได้ ดังนั้นเมื่อต้องการให้เพลาหยุดอยู่กับที่ เราต้องทำให้แม่เหล็กไฟฟ้ามีสภาพเป็นแม่เหล็กอยู่ตลอดเวลาเพื่อต้านแรงจากภายนอก

ถ้าต้องการให้มีมุมในการหมุนได้หลายเสตปใน ๑ รอบก็สามารถทำได้โดยการมีแม่เหล็กไฟฟ้าหลายชุด เพลาก็จะหมุนได้หลายเสตป มอเตอร์ที่ใช้ในที่นี้มีสายควบคุมอยู่ ๔ ชุด ชุดละ ๒ สาย ดังรูปที่ ๒.๔ ถ้ากำหนดให้

1 แทนการมีกระแสไหลในสายไฟควบคุม

0 แทนการไม่มีกระแสไหลในสายไฟควบคุม

ก็จะสามารถควบคุมการหมุนของเสตปมิงมอเตอร์ได้ดังตารางในรูปที่ ๒.๖ ถ้าให้มีกระแสไหลเช่นในลำดับที่ ๑ แล้วเปลี่ยนมาเป็นลำดับที่ ๒ มอเตอร์จะหมุนไป ๑ เสตป ถ้าเปลี่ยนจากลำดับที่ ๒ เป็นลำดับที่ ๓ มอเตอร์ก็จะหมุนอีก ๑ เสตป ถ้าให้หมุนในลำดับที่ ๑ → ๒ → ๓ → ๔ → ๑ มอเตอร์จะหมุนไป ๔ เสตป ได้มุม ๗.๒ องศา เป็นต้น



รูปที่ ๒.๔ เสตปมิงมอเตอร์พร้อมสายไฟควบคุม

1 แทนการไม่มีกระแสไหล

0 แทนการมีกระแสไหล

ลำดับที่	ชุดของสายไฟควบคุม			
	A	B	C	D
๑	0	1	0	1
๒	0	1	1	0
๓	1	0	1	0
๔	1	0	0	1

รูปที่ ๒.๖ ตารางแสดงการควบคุมการทำงานของเสตปปิงมอเตอร์

ถ้าหมุนจากลำดับที่ ๑→๔→๓→๒→๑ มอเตอร์จะหมุนไป ๔ เสตปเช่นกัน แต่จะหมุนในทิศทางตรงกันข้าม จะเห็นได้ว่าเราสามารถควบคุมการหมุนได้ตามมุมและทิศทางที่ต้องการได้ โดยการเปิด ปิด กระแสไฟฟ้าในสายควบคุมทั้ง ๔ ชุด

เนื่องจากการเปลี่ยนจากตำแหน่งเดิมของเพลาให้หมุนไป ๑ เสตป ต้องเสียเวลาจำนวนหนึ่ง แม้ว่าการไหลของกระแสจะเปลี่ยนจากลำดับที่ ๑ ไปเป็นลำดับที่ ๒ เรียบร้อยแล้วก็ตาม แกนของมอเตอร์ก็จะยังหมุนมายังตำแหน่งใหม่ไม่ถึงในทันที เนื่องจากความเฉื่อยของมวลทั้งหมดที่ต่ออยู่กับเพลาของมอเตอร์ ดังนั้นการควบคุมการหมุนในลำดับที่ ๒ ให้เปลี่ยนเป็นลำดับที่ ๓ จึงยังเกิดขึ้นไม่ได้ ต้องรอให้โรเตอร์หมุนมาครบ ๑ เสตปเรียบร้อยก่อน จึงจะดำเนินการหมุนในเสตปต่อไปได้ เวลาที่ใช้ในการรอนี้เรียกว่า Time Delay ต่อไปนี้จะเรียกว่า Td

๒.๒.๒ การคำนวณขนาดของล้อของมอเตอร์

จากรูปที่ ๒.๑ เมื่อต้องการเลื่อนปากกาในแนวแกน X หรือแนวแกน Y เป็นระยะทาง ๑ หน่วย เชือกซึ่งพันรอบล้อซึ่งติดกับเพลาของมอเตอร์ทั้งสองต้องเคลื่อนไปเป็นระยะ ๒ หน่วย ในที่นี้ต้องการให้ ๑ เสตป ปากกาเลื่อนไป .๐๑" ดังนั้น ๑ เสตปของมอเตอร์ต้องกว้านเชือกได้ระยะทาง .๐๒" เนื่องจาก ๑ รอบของมอเตอร์ต้องหมุนไป ๒๐๐ เสตป

เส้นรอบวงของวงกลม = πD

∴ เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อ = $๔ / \pi$

= ๑.๒๗๓ นิ้ว

จากรูปที่ ๒.๗ เนื่องจากเส้นผ่าศูนย์กลางของเชือกคือ .๐๒๕" ดังนั้น เส้นผ่าศูนย์กลางจริงของล้อ = ๑.๒๗๓ - .๐๒๕"

= ๑.๒๔๘"

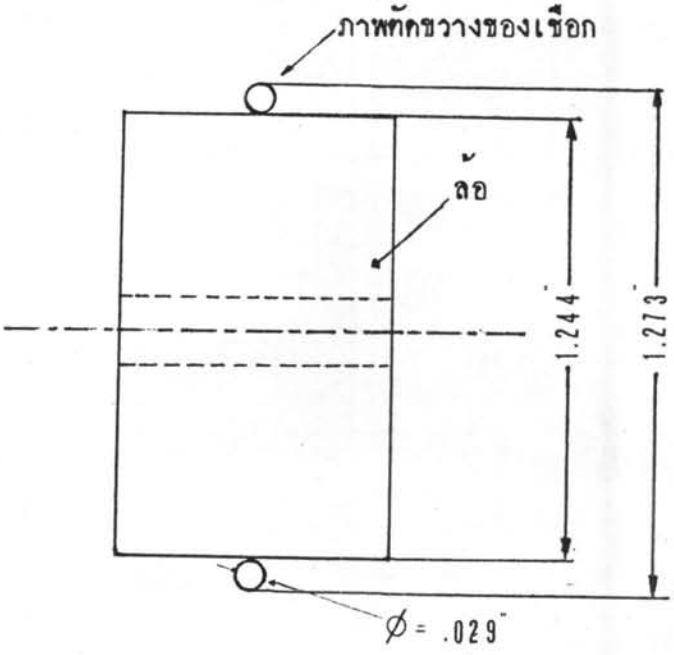
๒.๒.๓ การคำนวณค่าเวลาหน่วง (Td)

ความเร็วปลายของเสตปมิงมอเตอร์ที่ต้องการคือ ๔" ต่อวินาที ในแนวแกน X หรือแกน Y นั่นคือในหนึ่งวินาที เสตปมิงมอเตอร์จะต้องหมุนได้จำนวน = $\frac{๔ \times ๒๐๐}{๔}$

= ๒๐๐ เสตป

∴ ๑ เสตป ที่ความเร็ว ๔" ต่อวินาที จะใช้เวลา = ๑/๒๐๐

= .๐๐๕ วินาที

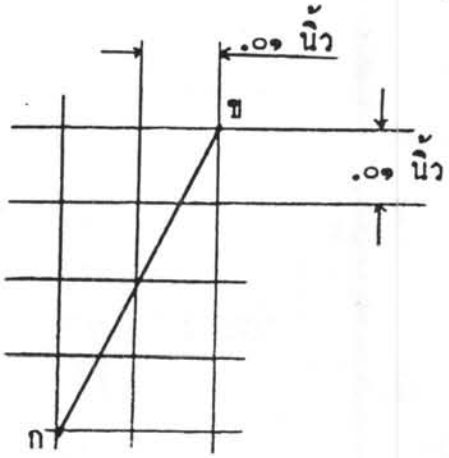


รูปที่ ๒.๗ ล้อซึ่งพันด้วยเชือกแสดงภาพตัดขวางของเชือก

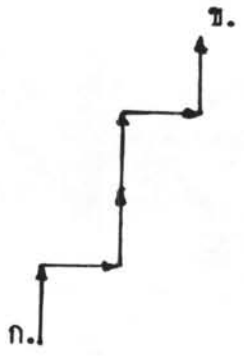
๒.๓ หลักการเชื่อมเส้นตรงระหว่างจุด ๒ จุด

จากคุณสมบัติของเสตปปิงมอเตอร์ ปากกาจะเลื่อนไปทางแนวแกนใดแกนหนึ่งได้สั้นที่สุด .๐๑ นิ้ว การที่จะลากเส้นเฉียงจึงต้องใช้วิธีการลากเส้นเป็นขั้นบันไดเล็กๆให้ใกล้เคียงเส้นตรงจริงมากที่สุด นั่นคือขั้นบันไดเล็กที่สุดมีขนาด .๐๑ นิ้ว

จากรูปที่ ๒.๘ การลากเส้นตรงจากจุด ก. ไปยังจุด ข. พลอตเตอร์จะใช้วิธีลากเป็นขั้นบันไดดังรูปที่ ๒.๙ โดยโปรแกรมจะเลือกทิศทางที่จะมีผลให้พื้นที่ระหว่างเส้นตรงจริงกับเส้นขั้นบันไดมีพื้นที่น้อยที่สุด



รูปที่ ๒.๘ แนวเส้นตรง ก. ข. จริง



รูปที่ ๒.๙ เส้น ก. ข.ที่พลอตเตอร์ลาก