

การศึกษาเวลาในการเคลื่อนที่ของเครื่องเจาะแผ่น PCB จาก
การควบคุมสเต็ปมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
THE STUDY OF MOVING TIME OF PCB PUNCHING MACHINE FROM
STEPPING MOTOR CONTROL BY MICROCONTROLLER

ณัฐที ถึงสุข^{1*}, ณัฐพงศ์ จอมทอง¹, ธีรพงษ์ แสงบุญ¹ และ อัครกิตติ์ ไชยธนกุลวัฒน์¹
Nuttee Thungsuk^{1*}, Natthaphong Chomthong¹, Teerawut Sarangboon¹ and
Arckarakit Chaithanakulwat¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ ประเทศไทย 10540

¹Department of Electrical Engineering, Dhonburi Rajabhat University,
Bang Phli, Samut-Prakan, Thailand, 10540

*Corresponding author E-mail: Nuttee.t@dru.ac.th

วันที่รับระบบ 21 มกราคม 2563

วันที่แก้ไขบทความ 20 มีนาคม 2563

วันที่ตอบรับบทความ 3 เมษายน 2563

บทคัดย่อ

เครื่องเจาะแผ่น PCB ขนาดเล็กได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการเจาะแผ่น PCB ให้มีความ
เที่ยงตรงและรวดเร็วตามตำแหน่งซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นระบบควบคุม ในงานวิจัยนี้ได้
ทำการศึกษาเวลาในการเคลื่อนที่ของเครื่องเจาะแผ่น PCB ขนาดเล็กจากการควบคุมสเต็ปมอเตอร์
ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ระยะทางในการเคลื่อนที่เป็น 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm, 90
mm และ 100 mm นอกจากนั้นความถี่ที่ 50 Hz, 100 Hz และ 500 Hz ถูกใช้สำหรับควบคุมสเต็ป
มอเตอร์ โดยพบว่าการเคลื่อนที่ในทุกความถี่สำหรับการควบคุมสเต็ปมอเตอร์เป็นเชิงเส้น
นอกจากนั้นเมื่อให้ความถี่ที่สูงขึ้นส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ที่ลดลง แต่อย่างไรก็ตามความชันที่
เกิดขึ้นมีค่าแตกต่างกันโดยความชันที่ความถี่ 50 Hz, 100 Hz และ 500 Hz เป็น 0.1926, 0.0931
และ 0.0521 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องเจาะแผ่น PCB ขนาดเล็ก, ไมโครคอนโทรลเลอร์, สเต็ปมอเตอร์

Abstract

The small PCB punching machine has facilitated the drilling of PCB to be accurate and fast at the position which uses the microcontroller as a control system. This research is a study of the movement time of a small PCB punching machine from stepping motor control by a microcontroller with different moving distances: 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm, 90 mm and 100 mm. In addition, the frequencies at 50 Hz, 100 Hz, and 500 Hz were used to control the stepping motor. It was found that all frequency movements for stepping motor control were linear. When the higher frequency was given, it resulted in shorter time for movement. However, the slope at 50 Hz, 100 Hz and 500 Hz frequency had different values: 0.1926, 0.0931, and 0.0521, respectively.

Keywords: Small PCB punching machine, Microcontroller, Stepping motor

1. บทนำ

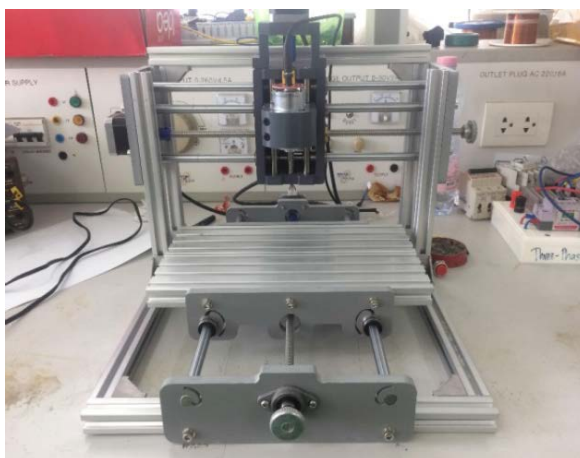
ปัจจุบันความก้าวหน้าในเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ และด้านอุตสาหกรรม ซึ่งในการทำงานภาคอุตสาหกรรมนั้นต้องอาศัยความแม่นยำ ในการผลิตอุปกรณ์ต่างในงานอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพและมีมาตรฐานตามที่อุตสาหกรรมต้องการ ดังนั้นจึงทำให้เห็นว่าเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์นั้นสามารถมาประยุกต์ใช้กับงานกับเครื่องจักรกล ทางอุตสาหกรรมให้สอดคล้องกันในการใช้งานได้ (Bernstein, 2003; Ferdinando, 2005 และ Nae & Andrei, 2010)

เนื่องจากอุตสาหกรรมต่างๆ จะมีในส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปเกี่ยวข้องด้วยในส่วนของ การควบคุมเครื่องจักรต่างๆ แล้วแต่การใช้งาน ดังนั้นในการออกแบบวงจรไฟฟ้าอาจมีความยากลำบากในการเจาะแผ่น PCB (Printed circuit board) ซึ่งอาจจะทำให้ลายของวงจรในแผ่น PCB เกิดการเสียหายและรวมไปถึงดอกสว่านที่อาจชำรุดได้ จึงเล็งเห็นความสำคัญในการเจาะลายวงจรในแผ่น PCB ดังนั้นได้ทำการออกแบบเครื่องเจาะลายวงจรแผ่น PCB ขนาดเล็ก เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการเจาะลายในแผ่น PCB ให้มีความเที่ยงตรงในการเจาะตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ (Pahole *et al.*, 2009; Nagai, 2001 และ Balasubramanyam & Prasanthi, 2014) เพื่อลดความผิดพลาดในการเจาะลายแผ่น PCB ให้มีความผิดพลาดน้อยลง เครื่องเจาะลายวงจรในแผ่น PCB ขนาดเล็ก มีระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวรับคำสั่งจากโปรแกรมในคอมพิวเตอร์โดยมีการออกแบบวงจรจากโปรแกรมแล้วนำคำสั่งที่ได้ไปยังชุดควบคุมเพื่อขับสเต็ปมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปยังพิกัดและตำแหน่งที่กำหนดไว้ได้อย่างแม่นยำ (Raju *et al.*, 2006; Shrikant & Lochana, 2015 และ

Andrei & Nae, 2010) โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเวลาในการเคลื่อนที่ของเครื่องเจาะแผ่น PCB จากการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2. การสร้างและการออกแบบงานวิจัย

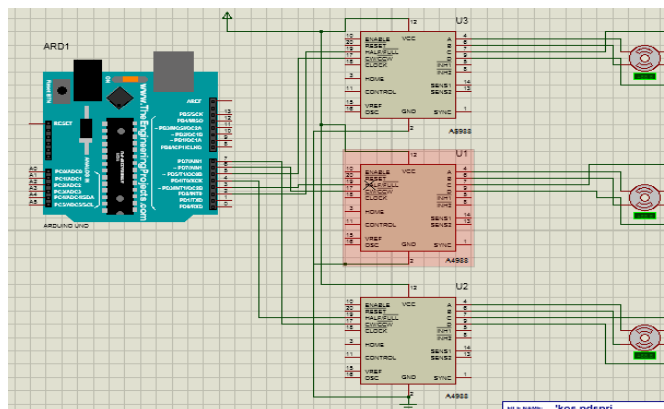
สำหรับในการสร้างเครื่องเจาะแผ่น PCB จากการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ โครงสร้างของเครื่อง ระบบการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ และการแปลงลายวงจรเพื่อสร้าง G-Code ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้างเครื่องเจาะแผ่น PCB จากการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 โครงสร้างของเครื่องเจาะแผ่น PCB จากการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ทำการออกแบบให้มีพื้นที่สำหรับเจาะรูของลายวงจรให้มีขนาดไม่เกิน 20x20 cm และมีการแกนสำหรับการเคลื่อนที่ 3 แกน โดยการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แกนนั้นได้ติดตั้งสเต็ปมอเตอร์ไว้กับแท่งสกรูเกลียวขนาด M8x40 cm โดยมีบอลโรเลอร์กับชุดเพลาติดตั้งไว้ระหว่างแท่งสกรูเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 1

2.2 ระบบการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้สเต็ปมอเตอร์รุ่น ANEMA23 ที่ใช้ไฟฟ้าแรงดันกระแสตรง 5 โวลต์ กระแส 1.5 A และมอเตอร์เคลื่อนที่สเต็ปละ 1.8 องศา ดังนั้นการที่มอเตอร์เคลื่อนที่ครบ 1 รอบต้องใช้ 200 พัลส์โดยต้องกระตุ้นให้มอเตอร์หมุนไปแต่ละ Step จากการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสเต็ปมอเตอร์ที่ละเฟสตามลำดับ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนได้ทำการควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ 3 ตัว ในแต่ละแกน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

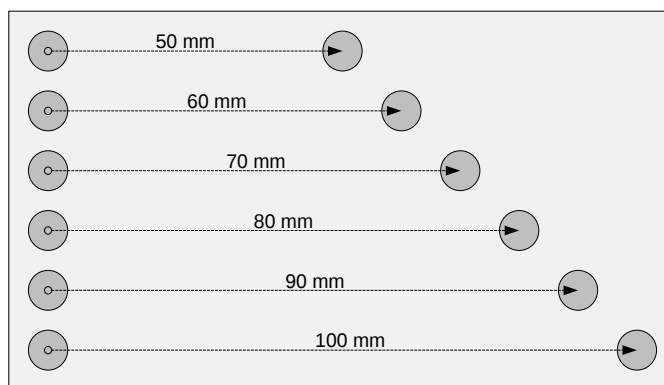
หลักการคือเริ่มจากจ่ายกระแสให้ขดลวด Stator เฟส 1 จากนั้นกระตุ้นเฟส 2 และ เฟสที่ 3 ไปเรื่อยๆ ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 จากนั้นก็วิ่งกลับมาที่ขดลวด Stator เฟส 1 อีกครั้งและวน รอบไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้สเต็ปมอเตอร์หมุนและในทางกลับกันถ้าต้องการให้สเต็ปมอเตอร์หมุนกลับทาง ก็ต้องกระตุ้นขดลวดสเตเตอร์ เฟส 4 เฟส 3 เฟส 2 และ เฟส 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การควบคุมสเต็ปแบบกระตุ้นเฟส

ลำดับ	1	2	3	4
ขดที่ 1	Active	-	-	-
ขดที่ 2	-	Active	-	-
ขดที่ 3	-	-	Active	-
ขดที่ 4	-	-	-	Active

2.3 การแปลงลายวงจรเพื่อสร้าง G-Code ต้องทำการออกแบบลายวงจรจากโปรแกรม Proteus เสร็จให้เรียบร้อยเสียก่อน จากนั้นทำการบันทึกเป็นไฟล์ G-Code เพื่อจะได้ตำแหน่งเจาะรูตามแบบ สองแกนคือแกน X,Y แล้วนำไฟล์ G-Code มาทำเป็นสามแกนคือ X,Y,Z โดยผ่านโปรแกรมแปลงไฟล์ G-Code มาเป็น Drill File ซึ่งการออกแบบโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมโดยรับค่า G-Code คอมพิวเตอร์มาประมวลผล จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนทำการส่งสัญญาณมาสั่งให้มอเตอร์แกน X,Y,Z เพื่อทำตามโค้ดของ G-Code ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 กระบวนการคือการเขียนแบบในคอมพิวเตอร์แล้วทำการแปลงเป็น Flat CAM และ Candle ตามลำดับ

สำหรับการศึกษาเวลาในการเคลื่อนที่ของเครื่องเจาะแผ่น PCB จากการควบคุมสตีปิ้งมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในงานวิจัยนี้ใช้ความถี่ 50 Hz 100 Hz และ 500 Hz ในการควบคุมความเร็วของสตีปิ้งมอเตอร์และได้กำหนดระยะในการเคลื่อนที่ในแนวตรงโดยที่มีความแตกต่างกันที่ 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 mm ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ระยะรูเจาะที่ทำการทดลองความเร็ว

3. ผลการวิจัย

สำหรับการทดสอบใช้เครื่องเจาะแผ่น PCB ในการทดสอบความเร็วในการเคลื่อนที่ในแต่ละความถี่ได้ทำการทดสอบ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยในทุกๆ ระยะที่ 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 mm โดยมีข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 2 การทดสอบความเร็วในการเจาะที่ความถี่ 50 Hz

ระยะการเคลื่อนที่ (mm.)	เวลาครั้งที่ 1 (sec)	เวลาครั้งที่ 2 (sec)	เวลาครั้งที่ 3 (sec)	เวลาเฉลี่ย (sec)
50	12.37	12.36	12.27	12.33
60	14.21	14.25	14.23	14.23
70	16.21	16.27	16.24	16.24
80	18.03	18.06	18.05	18.04
90	20.00	20.30	20.22	20.17
100	21.89	21.95	21.85	21.89

จากตารางที่ 2 แสดงการทดสอบความเร็วในการเจาะที่ความถี่ 50 Hz ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มระยะทางของการเจาะมากขึ้นส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการเจาะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นความเร็วในการทดสอบทั้ง 3 ครั้งในระยะต่างๆ เวลาที่เกิดขึ้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยที่เวลาเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเป็น 12.33 วินาที ซึ่งเกิดจากระยะในการเคลื่อนที่เป็น 50 mm และเวลาเฉลี่ยที่สูงที่สุดเป็น 21.89 วินาที ซึ่งเกิดจากระยะในการเคลื่อนที่เป็น 100 mm

ตารางที่ 3 การทดสอบความเร็วในการเจาะที่ความถี่ 100 Hz

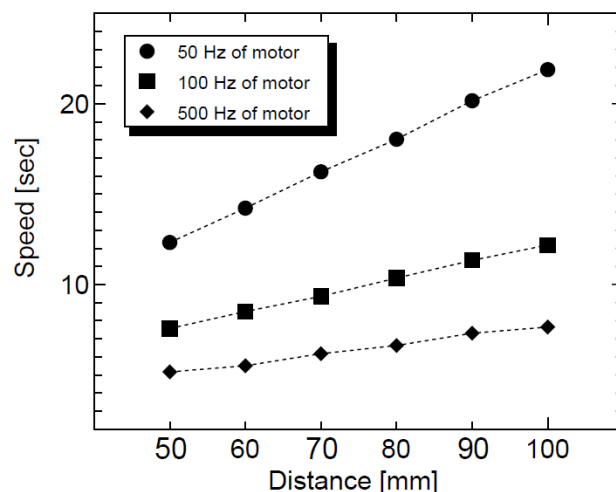
ระยะการเคลื่อนที่ (mm.)	เวลาครั้งที่ 1 (sec)	เวลาครั้งที่ 2 (sec)	เวลาครั้งที่ 3 (sec)	เวลาเฉลี่ย (sec)
50	7.57	7.55	7.59	7.57
60	8.47	8.44	8.61	8.51
70	9.39	9.34	9.33	9.35
80	10.38	10.33	10.39	10.36
90	11.33	11.39	11.30	11.34
100	12.24	12.23	12.10	12.19

จากตารางที่ 3 แสดงการทดสอบความเร็วในการเจาะที่ความถี่ 100 Hz ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มระยะทางของการเจาะมากขึ้นส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการเจาะเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกันกับข้อมูลจากตารางที่ 2 โดยที่เวลาเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเป็น 7.57 วินาที ซึ่งเกิดจากระยะในการเคลื่อนที่เป็น 50 mm และเวลาเฉลี่ยที่สูงที่สุดเป็น 12.19 วินาที ซึ่งเกิดจากระยะในการเคลื่อนที่เป็น 100 mm ซึ่งยืนยันได้ว่าเวลาที่ใช้มีค่าที่ต่ำกว่าการให้ความถี่ที่สแต็ปปั๊มมอเตอร์ 50 Hz นอกจากนั้นความเร็วในการทดสอบทั้ง 3 ครั้งในระยะต่างๆ เวลาที่เกิดขึ้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4 การทดสอบความเร็วในการเจาะที่ความถี่ 500 Hz

ระยะการเคลื่อนที่ (mm.)	เวลาครั้งที่ 1 (sec)	เวลาครั้งที่ 2 (sec)	เวลาครั้งที่ 3 (sec)	เวลาเฉลี่ย (sec)
50	5.16	5.16	5.19	5.17
60	5.60	5.62	5.30	5.51
70	6.16	6.18	6.20	6.18
80	6.60	6.64	6.65	6.63
90	7.30	7.30	7.32	7.31
100	7.68	7.68	7.60	7.65

จากตารางที่ 4 แสดงการทดสอบความเร็วในการเจาะที่ความถี่ 500 Hz ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มระยะทางของการเจาะมากขึ้นส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการเจาะเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกันกับข้อมูลจากตารางที่ 2 โดยที่เวลาเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเป็น 5.17 วินาที ซึ่งเกิดจากระยะในการเคลื่อนที่เป็น 50 mm และเวลาเฉลี่ยที่สูงที่สุดเป็น 7.65 วินาที ซึ่งเกิดจากระยะในการเคลื่อนที่เป็น 100 mm แต่อย่างไรก็ตามสามารถยืนยันได้ว่าเวลาที่ใช้นั้นมีค่าที่ต่ำกว่าการให้ความถี่ที่สแตปป์มอเตอร์ 50 Hz และ 100 Hz

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจาะและความเร็วในการเคลื่อนที่
เมื่อความถี่เป็น 50 Hz, 100 Hz และ 500 Hz

จากภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจาะและความเร็วในการเคลื่อนที่เมื่อความถี่เป็น 50 Hz, 100 Hz และ 500 Hz โดยระยะในการเจาะของเครื่องเจาะแผ่น PCB ทดสอบที่

ระยะ 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm, 90 mm และ 100 mm ซึ่งพบว่าที่ความถี่ทั้งสามคือ 50 Hz, 100 Hz และ 500 Hz มีแนวโน้มของการใช้เวลามากขึ้นจากระยะทางที่มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความถี่ที่ 100 Hz และ 500 Hz มีการใช้อัตราส่วนความเร็วที่ใกล้เคียงกันซึ่งสังเกตได้จากเส้นตรงที่มีความชันที่ใกล้เคียงกัน แต่สำหรับความถี่ที่ 50 Hz นั้นมีความแตกต่างของความชันจากเส้นตรงที่ได้จากความถี่ที่ 100 Hz และ 500 Hz อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าความถี่ที่ 100 Hz และ 500 Hz ได้ให้อัตราส่วนความเร็วที่ใกล้เคียงกันแต่แตกต่างกันเมื่อใช้ความถี่ที่ 50 Hz

4. สรุป

การศึกษาเวลาในการเคลื่อนที่ของเครื่องเจาะแผ่น PCB จากการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นได้ทำการทดสอบที่ระยะทางในการเคลื่อนที่เป็น 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm, 90 mm และ 100 mm จากการให้ความถี่สำหรับสเต็ปมอเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็น 50 Hz, 100 Hz และ 500 Hz โดยการทดสอบเป็น 3 ครั้งสำหรับแต่ละเงื่อนไขเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าที่ความถี่ 50 Hz เมื่อระยะทางในการเคลื่อนที่มากขึ้นได้ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มากไปด้วย โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ linear least squared วิเคราะห์ทำให้ทราบว่าที่ความถี่ 50 Hz 100 Hz และ 500 Hz มีสมการเป็น $y = 2.7029 + 0.1926x$, $y = 2.9010 + 0.0931x$ และ $y = 2.4976 + 0.0521x$ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามความชันที่เกิดขึ้นในสมการมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าที่ความถี่ 100 Hz และ 500 Hz มีค่าความชันเป็น 0.0931 และ 0.0521 ตามลำดับ ซึ่งสังเกตได้ว่าความชันที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันค่อนข้างมากสำหรับความชันที่ความถี่ 50 Hz ที่เป็น 0.1926

5. เอกสารอ้างอิง

- Andrei, T., & Nae, I. (2010). Practical applications performed by a stepper motor CNC router. **Seria Technical**, LXII, 127-138.
- Balasubramanyam, N., & Prasanthi, Smt. G. (2014). Design and fabrication of an automatic PC-based drilling machine. **HCTL Open International journal of Technology Innovations and Research**, 7, 1-13.
- Bernstein, D. S. (2003). Setting up and running a control research laboratory. **IEEE Control Systems Magazine**, 23, 14-19.



- Ferdinando, H., Sandjaja, I. N., & Sanjaya, G. (2005). **Automatic drilling machine for printed circuit board**. The 6th Symposium on Advanced Intelligent Systems, Surabaya, Indonesia.
- Nae, I., & Andrei, T. (2010). Designing and building a CNC router using stepper motors. **Seria Technica**, LXII, 55-62.
- Nagai, K. (2001). Learning while doing: Practical robotics education. **IEEE Robotics & Automation Magazine**, 8, 38-43.
- Pahole, I., Rataj, L., Ficko, M., Klancnik, S., Brezovnik, S., Brezocnik, M., & Balic, J. (2009). Construction and evaluation of low-cost table CNC milling machine. **Scientific Bulletin, Series C: Mehcanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology**, XXIII, 1-7.
- Raju, N., Beedu, N., Lakshminarasamma, N., & Ramanarayanan, V. (2006). **A do-it-yourself (DIY) switched mode power conversion laboratory**. India International Conference on Power Electronics, Chennai, India.
- Shrikant, B., Lochana, A., Madhuri, G., Asmita, B., & Mansi, S. (2015). PC controlled PCB drilling machine. **International Journal of Engineering Technology and Computer Research (IJETCR)**, 3(1), 64-66.