เทคนิคลดการกระเพื่อมของแรงบิดใน มอเตอร์แบบกระตุ้นฟิลด์แยกส่วนขับด้วยชอปเปอร์

TORQUE RIPPLE REDUCTION TECHNIQUE FOR A CHOPPER DRIVED SEPARATELY EXCITED MOTOR

วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์*, ธนชาติ นุ่มนนท์*, คมกฤษ ประเสริฐวงษ์** และ สราวุฒิ สุจิตจร**

Wichian Premchaisawadi*, Thanachart Numnonda*, Komkrit Prasertwong and Sarawut Sujitjorn****

** ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

*** สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*

** Department of Computer Engineering, Khonkaen University*

*** School of Electrical Engineering, Suranaree University of Technology*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการควบคุมดีซีมอเตอร์แบบกระตุ้นฟิลด์แยกส่วน เพื่อที่จะทำให้แรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้นมีการกระเพื่อม (torque ripple) น้อยลง ซึ่งจะช่วยให้โหลดมีความสั่นสะเทือนน้อยลง โดยการควบคุมชอปเปอร์ทางด้านวงจรอาร์เมเจอร์กับวงจรทางด้านฟิลด์ทำงานในช่วงนำกระแส (duty interval) และช่วงกระแสไหลวน (freewheeling interval) สลับกัน พร้อมกันนี้ยังได้วิเคราะห์หาฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นในกระแสอาร์เมเจอร์ กระแสฟิลด์ และแรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้นเพื่อเป็นการเปรียบเทียบผล

ABSTRACT

This paper presents a control technique to reduce torque ripple in a chopper drived separately excited motor. The technique is to instruct the choppers on the armature side and the field side such that they alternately conduct. The results of the harmonic studies show that the scheme yields considerable reduction in torque ripple.

1. บทนำ

ในระบบที่เกี่ยวข้องกับการลากจูง เช่น การลากจูงขบวนรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่ใช้มอเตอร์แบบกระตุ้นฟิลด์แยกส่วน [1] เป็นตัวขับรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนให้เคลื่อนที่ไป ในขณะที่รถไฟฟ้าเร่งความเร็วหรือช่วงที่รถวิ่งด้วยความเร็วคงที่ ผู้โดยสารจะมีความรู้สึกว่าตัวรถไฟฟ้ามีการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นภายในตัวรถทั้งนี้เกิดจากสาเหตุของการขับของมอเตอร์ที่ไม่ราบเรียบ นั้นก็หมายความว่าแรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้นยังคงมีการกระเพื่อมอยู่มาก (torque ripple) เมื่อต่อเพลาของมอเตอร์ผ่านเกียร์เพื่อที่จะไปขับล้อรถไฟฟ้าจะทำให้ระบบเกิดการกระตุกเป็นช่วงๆ ด้วยความถี่เดียวกันกับที่เกิดจากแรงบิดที่กระเพื่อม

การควบคุมการลากจูงขบวนรถไฟฟ้าแบบเดิมที่ใช้มอเตอร์แบบกระตุ้นฟิลด์แยกส่วนควบคุมด้วยวงจรชอปเปอร์ (chopper) การกำหนดการทำงานของวงจรชอปเปอร์ด้านอาร์เมเจอร์จะเป็นอิสระกับทางด้านสนาม ดังนั้นอาจพบปรากฏการณ์ที่เป็นไปได้คือ กรณีแรกเมื่อชอปเปอร์ทางด้านอาร์เมเจอร์ทำงานอยู่ในช่วงนำกระแส (duty interval) ในขณะเดียวกันชอปเปอร์ทางด้านฟิลด์ทำงานในช่วงกระแสไหลวน (freewheeling interval) หรือในทางกลับกัน กรณีที่สองชอปเปอร์ทั้งสองด้านทำงานพร้อมกันทั้งช่วงนำกระแสและช่วงกระแสไหลวน ซึ่งถ้าบังเอิญพบกับเหตุการณ์ในกรณีหลังชอปเปอร์ทั้งสองด้านทำงานพร้อมกัน ซึ่งทำให้เกิดแรงบิดที่มีการกระเพื่อมมาก บทความนี้นำเสนอผลการเลียนแบบระบบด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าหากควบคุมให้วงจรชอปเปอร์ทางด้านอาร์เมเจอร์และทางด้านฟิลด์ทำงานในช่วงนำกระแสและช่วงกระแสไหลวนสลับกันจะสามารถลดการกระเพื่อมในแรงบิดได้ดี เทคนิคดังกล่าวเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในกรณีวัฏจักรการทำงาน (duty cycle) มีค่าประมาณ 40-60% ข้อเสียของเทคนิคนี้อาจอยู่ที่การควบคุมกระแสทางด้านอาร์เมเจอร์หรือทางด้านฟิลด์ได้อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

สิ่งที่นำเสนอในบทความนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือส่วนที่ 1 บทนำ ส่วนที่ 2 เทคนิคลดการกระเพื่อมในแรงบิด ส่วนที่ 3 เป็นผลการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ที่แสดงถึงการควบคุมที่ทำให้การกระเพื่อมของแรงบิดลดลง และส่วนที่ 4 สรุปผล

2. เทคนิคลดการกระเพื่อมในแรงบิด

สาเหตุสำคัญที่ทำให้แรงบิดกระเพื่อม คือ ความไม่ราบเรียบในกระแสอาร์เมเจอร์ (i_a) และกระแสฟิลด์ (i_f) เนื่องจากผลคูณของค่าทั้งสองกับค่าคงที่ของแรงบิด (k_t) ดังความสัมพันธ์ $T_d = k_t * i_f * i_a$ เมื่อ T_d คือ แรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้น

การควบคุมความเร็วแบบเดิม ในการควบคุมแบบ 3 ช่วง [1] การกำหนดการทำงานของวงจรชอปเปอร์ทั้งสองด้านจะเป็นอิสระต่อกัน ถ้าบังเอิญการทำงานของวงจรชอปเปอร์ทั้งสองด้านทำงานในช่วงนำกระแสและช่วงกระแสไหลวนพร้อมกันจะทำให้กระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟิลด์เพิ่มขึ้นและลดลงพร้อมกันส่งผลให้การกระเพื่อมของแรงบิดเกิดขึ้นมาก รูปที่ 1 เป็นวงจรการควบคุมด้วยชอปเปอร์อย่างง่าย รูปที่ 2 แสดงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อชอปเปอร์ทั้งสองด้านทำงานพร้อมกัน รูปที่ 3 แสดงการกระเพื่อมของกระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟิลด์ในกรณีชอปเปอร์ทั้งสองด้านทำงานพร้อมกัน

สิ่งที่จะนำเสนอในบทความนี้ก็คือ การกำหนดการทำงานของวงจรชอปเปอร์ทางด้านอาร์เมเจอร์และวงจรทางด้านฟิลด์สลับกันทำงานในช่วงนำกระแสและช่วงกระแสไหลวนเพื่อที่จะช่วยลดการกระเพื่อมของแรงบิด รูปแบบวิธีการควบคุมใหม่แสดงดังรูปที่ 4 และรูปการกระเพื่อมขึ้นลงของกระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟิลด์แสดงดังรูปที่ 5

ในการจำลองผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับระบบที่แทนด้วยแผนภาพดังรูปที่ 1 ซึ่งอาจเขียนอยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ได้ดังต่อไปนี้

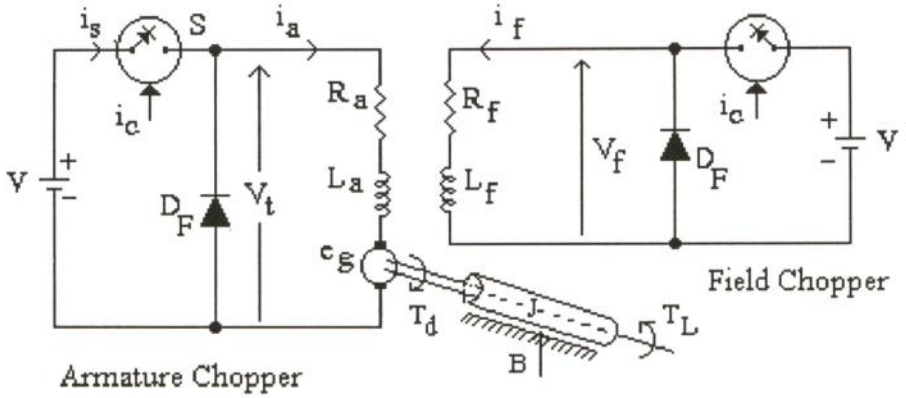
$$\frac{di_f}{dt} = -\frac{R_f}{L_f} i_f + \frac{1}{L_f} V_f \qquad .....(1)$$

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{R_a}{L_a} i_a - \frac{k_v}{L_a} \omega * i_f + \frac{1}{L_a} V_t \qquad .....(2)$$

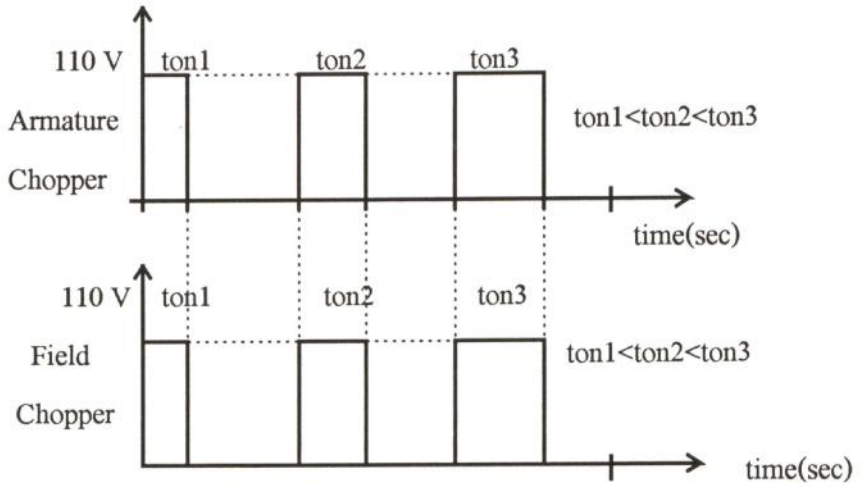
$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{k_i}{J} i_f * i_a - \frac{B}{J} \omega - \frac{1}{J} T_L \qquad .....(3)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \qquad .....(4)$$

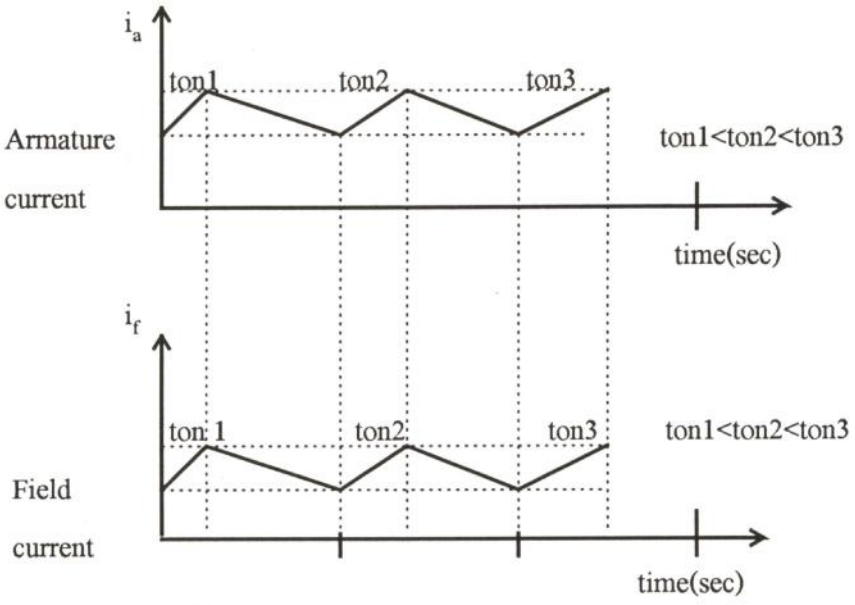
ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของระบบคัดมาจากบทความ [2] มีดังต่อไปนี้



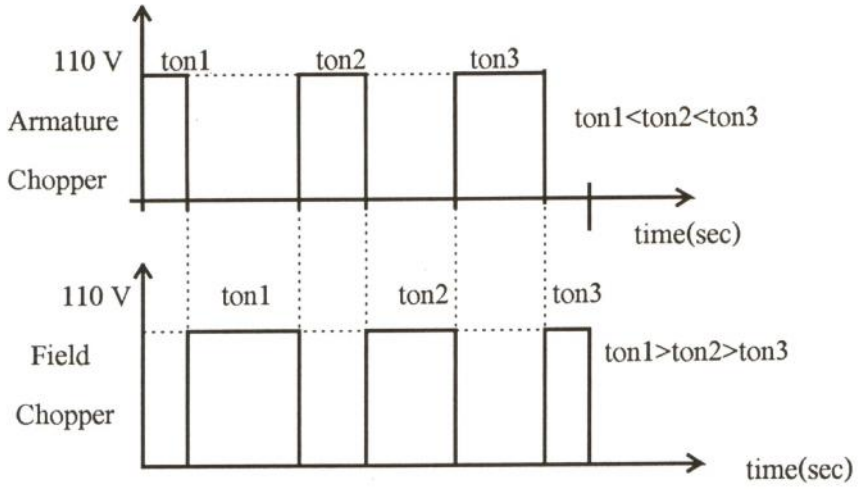
รูปที่ 1 แสดงวงจรชอปเปอร์ลดค่าลง (step-down chopper) อย่างง่าย ที่ต่ออยู่ทางด้านวงจรอาร์เม-เจอร์และวงจรทางด้านฟิลด์



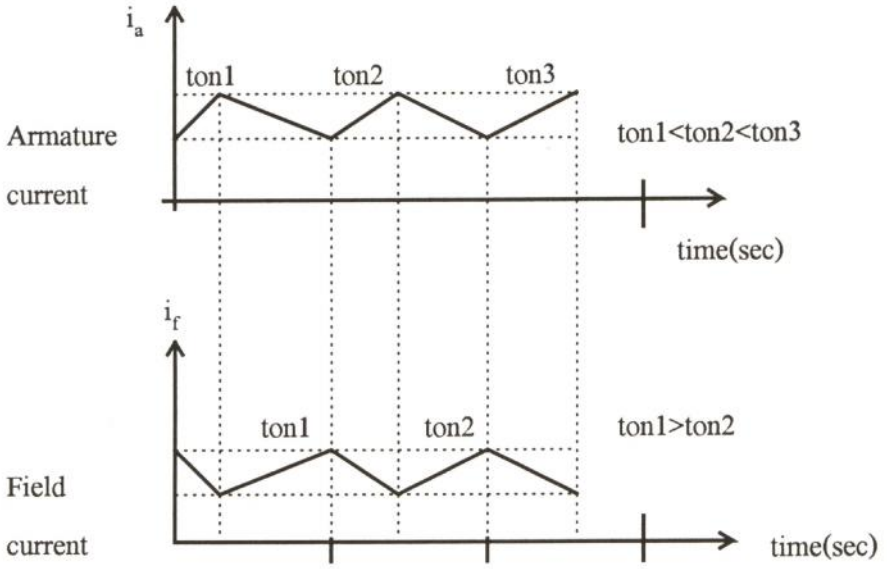
รูปที่ 2 แสดงการทำงานของชอปเปอร์ทั้งทางด้านอาร์เมเจอร์และทางด้านฟิลด์ที่บังเอิญทำงานพร้อมกันในช่วงเร่งความเร็ว



รูปที่ 3 แสดงการกระเพื่อมขึ้นลงของกระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟิลด์ในเวลาเดียวกันในกรณีที่ชอปเปอร์ทำงานพร้อมกัน



รูปที่ 4 แสดงการทำงานของชอปเปอร์ควบคุมมอเตอร์ในช่วงเร่งความเร็วในการควบคุมแบบใหม่



รูปที่ 5 แสดงการกระเพื่อมขึ้นลงของกระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟิลด์ในเวลาเดียวกันในการควบคุมแบบใหม่

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้

DC Motor: 110V, 2.5 hp, 1800 rpm

R_a = 0.6 Ω, L_a = 8 mH, R_f = 16 Ω,

L_f=1.0H, k_v = 0.055 V.s/A.rad,

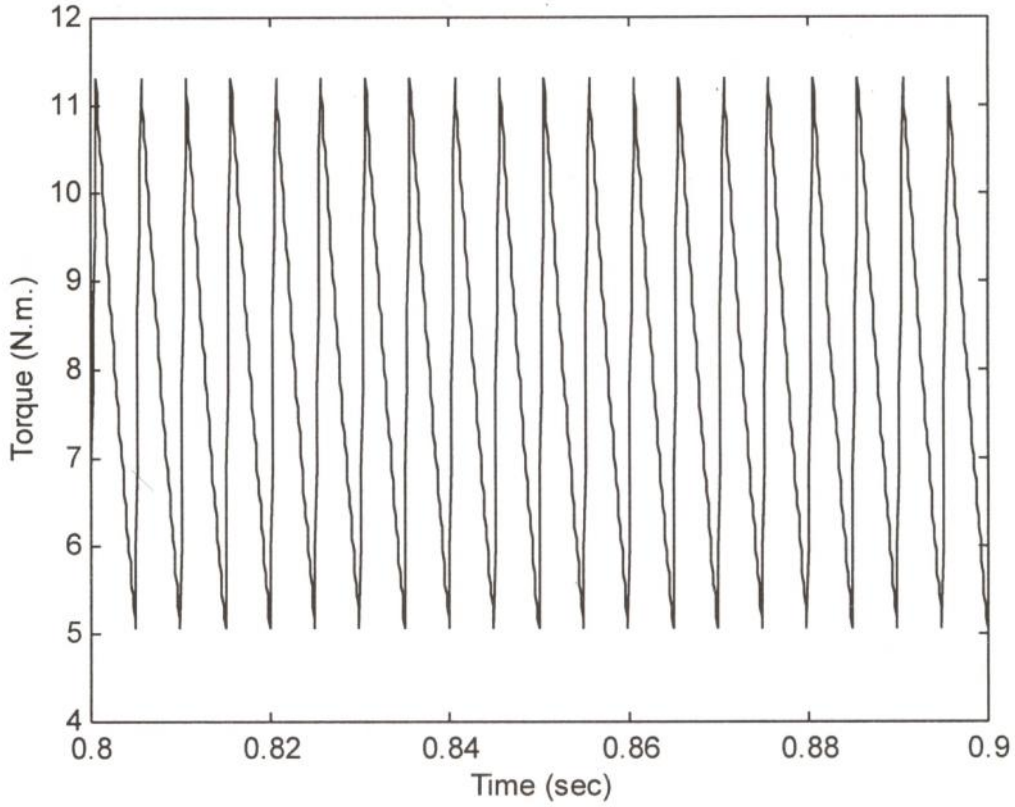
k_i = 0.055 N.m./A, J = 0.0465 Kg-m^2,

B = 0.004 N.m.sec/rad, I_a = 20 A (rated motor current), T_L = 8 N.m.

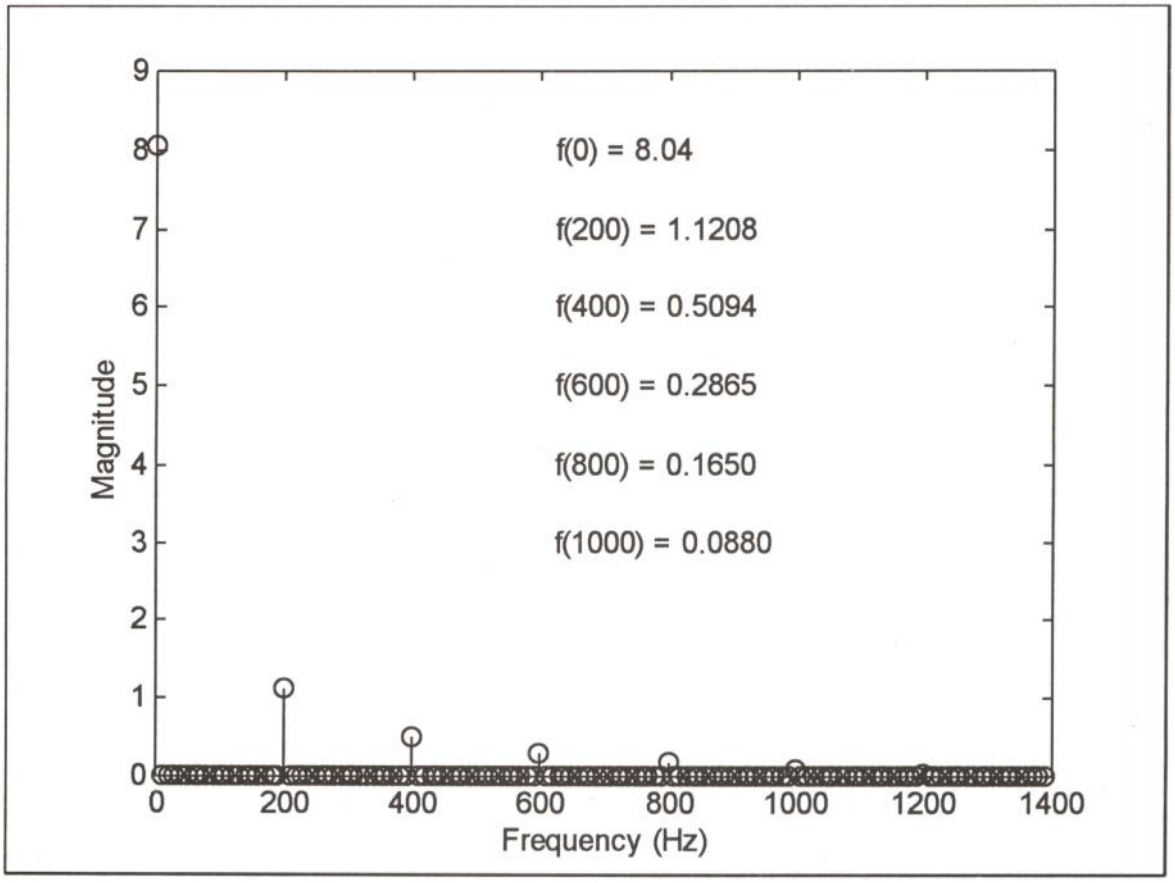
ความถี่ที่ใช้ในการสับสัญญาณเท่ากับ 200 Hz

3. ผลการจำลองแบบการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ (computer simulation)

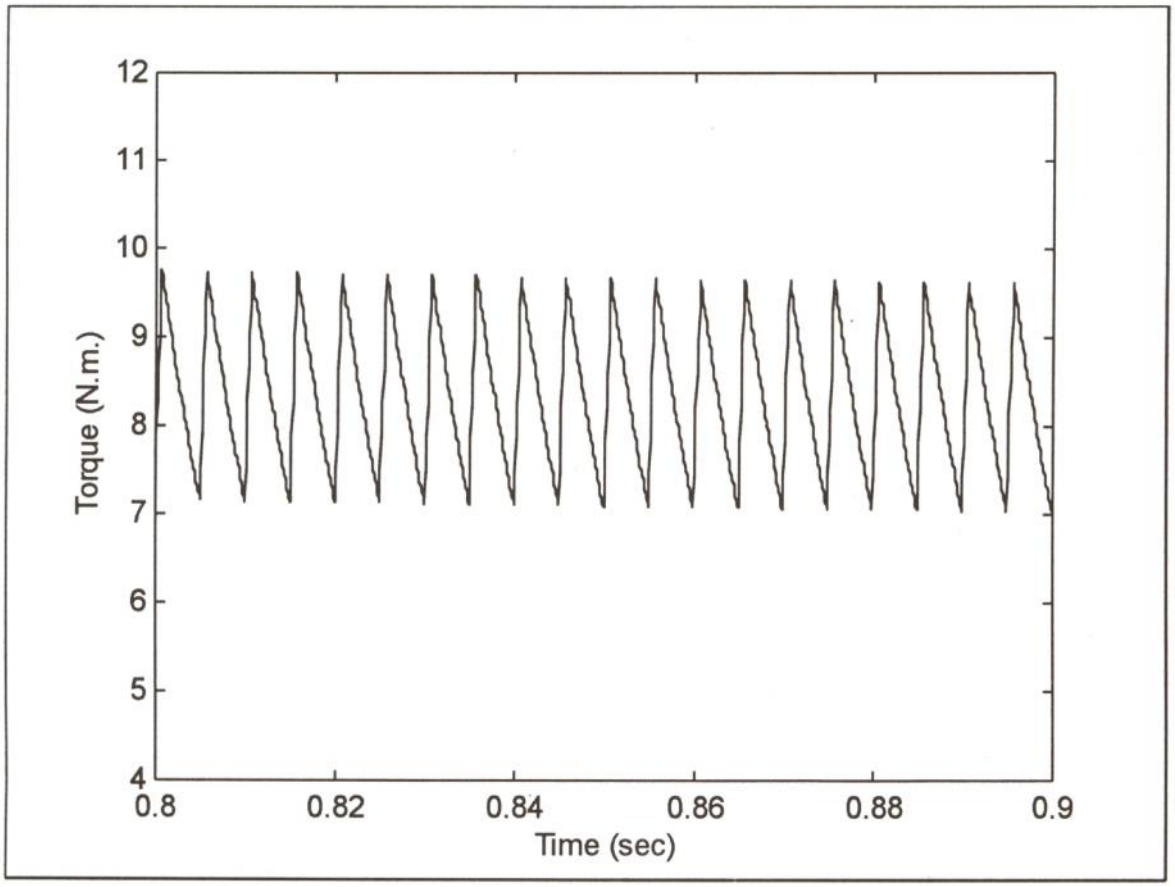
เมื่อใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข แก้สมการเชิงอนุพันธ์ตามสมการที่ (1)-(4) โดยกำหนดแรงดัน V_t และ แรงดัน V_f ถูกควบคุมด้วยวงจรชอปเปอร์ลดค่าลง (step-down chopper) แสดงดังรูปที่ 1 การควบคุมชอปเปอร์ทางด้านอาร์เมเจอร์ และทางด้านฟิลด์ในกรณีชอปเปอร์ทำงานพร้อมกันทั้งสองช่วงแสดง



รูปที่ 6 กราฟแรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้นในกรณีที่ชอปเปอร์ทั้งสองด้านทำงานพร้อมกัน



รูปที่ 7 แสดงขนาด (magnitude) ฮาร์มอนิกของสัญญาณในรูปที่ 6

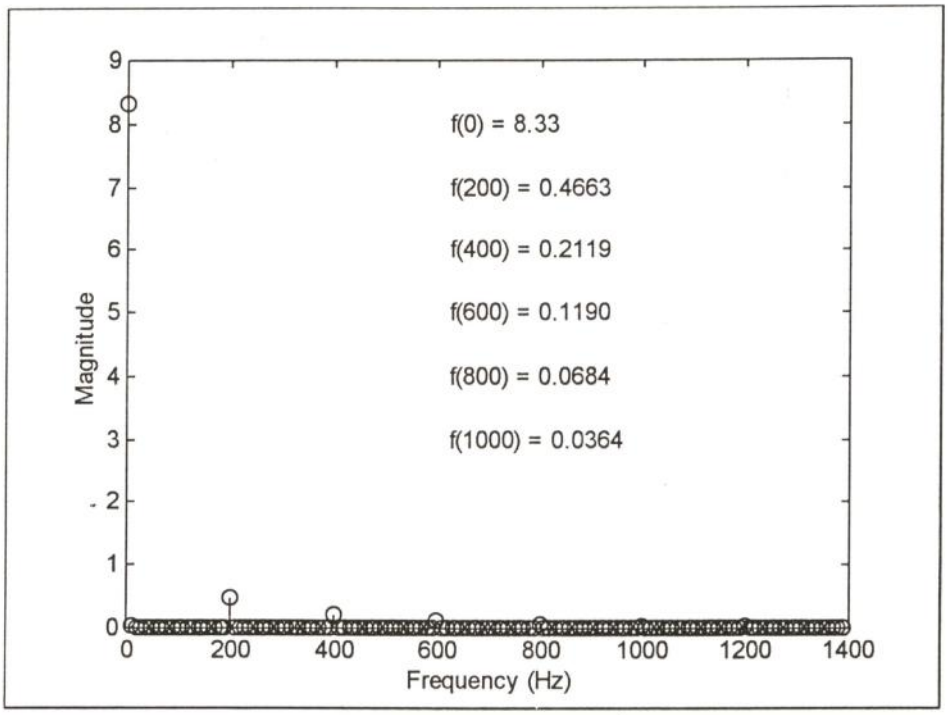


รูปที่ 8 กราฟแรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้น โดยการควบคุมให้ชอปเปอร์ทำงานสลับกัน ความถี่ที่ใช้ในการสับสัญญาณ (chopping frequency) เท่ากับ 200 Hz

ดังรูปที่ 3 จะได้รูปการกระเพื่อมของแรงบิดดังแสดงในรูปที่ 6 แรงบิดเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.04 N.m. การกระเพื่อมของแรงบิดอยู่ในช่วง 5.06-11.31 N.m. ค่าแสดงการกระเพื่อมของแรงบิด (torque ripple) เท่ากับ (11.31-5.06)* 100/8.04 = 77.73 % เมื่อใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วย MATLAB [3] วิเคราะห์หาฮาร์มอนิกที่ประกอบอยู่ในรูปคลื่นสัญญาณแรงบิดรูปที่ 6 จะได้ฮาร์มอนิกที่ลำดับต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งจะพบว่าที่ความถี่เป็นศูนย์หรือค่าเฉลี่ยของแรงบิดเท่ากับ 8.04 N.m. ฮาร์มอนิกที่ 1 ความถี่ 200 Hz มีขนาดสเปกตรัมเท่ากับ 1.1208 N.m. ฮาร์มอนิกที่ 2 ความถี่ 400 Hz มีขนาดสเปกตรัมเท่ากับ 0.5094 N.m. ค่าขนาดของสเปกตรัมที่ฮาร์มอนิกที่ 4, 6, 8 จะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ รูปที่ 8 แสดงผลของการกำหนดการทำงานที่ให้ชอปเปอร์ทำงานในช่วงนำกระแสและช่วงกระแสไหลวนตรงกันข้ามกันซึ่งจะได้กระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟิลด์เป็นไปตามรูปที่ 5 ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แรงบิดเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.33 N.m. การกระเพื่อมของแรงบิดมีค่าอยู่ในช่วง 7.02-9.75 N.m. ค่าแสดงการกระเพื่อมของแรงบิดเท่ากับ 32.73%

4. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการควบคุมวงจรชอปเปอร์ทั้งทางด้านอาร์เมเจอร์และทางด้านฟิลด์ให้ทำงานในช่วงนำกระแสและช่วงกระแสไหลวนสลับกัน เพื่อช่วยลดการกระเพื่อมของแรงบิดที่มอเตอร์สร้างขึ้น จากผลการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์สามารถลดการกระเพื่อมของแรงบิดได้ถึง 45% และจากการ



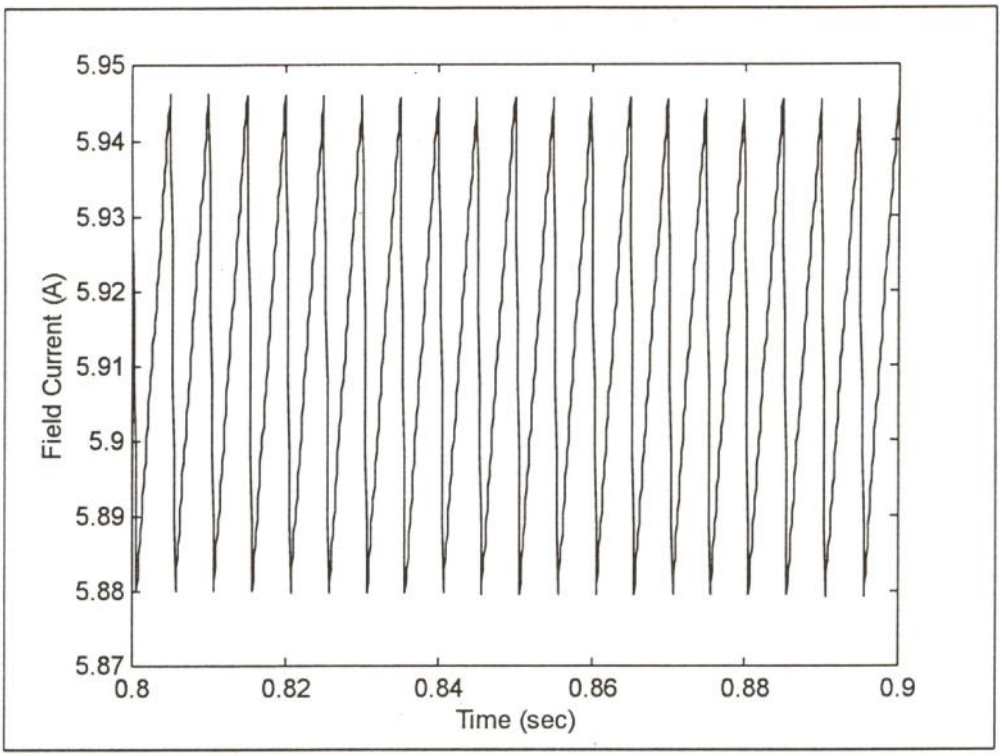
รูปที่ 9 แสดงขนาด (magnitude) ฮาร์มอนิกของสัญญาณในรูปที่ 8

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบขนาดเสปกตรัมของแรงบิดที่ฮาร์มอนิกต่าง ๆ ในการควบคุมแบบเดิมและการควบคุม แบบใหม่ในช่วงเวลา 0.8-0.9 sec.

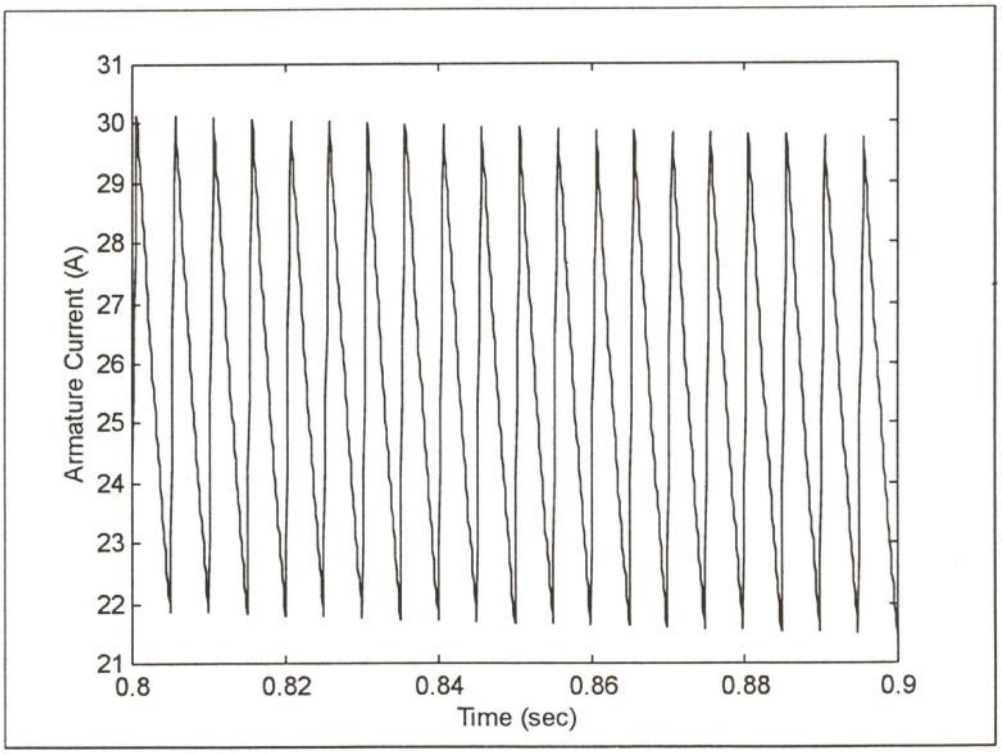
ลำดับฮาร์มอนิกที่	ขนาดสเปกตรัมของแรงบิดในกรณีชอปเปอร์ทำงานพร้อมกัน (N.m.)	ขนาดสเปกตรัมของแรงบิดที่มีการควบคุมตามที่เสนอ (N.m.)
0	8.04	8.33
1	1.1208	0.4663
2	0.5094	0.2865
4	0.2865	0.1190
6	0.1650	0.0684
8	0.880	0.0364

วิเคราะห์หาฮาร์มอนิกในแรงบิดในการควบคุมแบบเดิม ในกรณีที่ชอปเปอร์ทั้งสองด้านทำงานพร้อมกันเปรียบเทียบกับการควบคุมแบบใหม่พบว่าขนาดสเปกตรัมที่ฮาร์มอนิกที่ 0 หรือค่าเฉลี่ยของแรงบิดในการควบคุมแบบใหม่มีค่าสูงกว่าการควบคุมแบบเดิม ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนขนาดสเปกตรัมที่ฮาร์มอนิกลำดับอื่น ๆ เช่น 1, 2, 4, 6 ในการควบคุมแบบใหม่จะมีค่าน้อยกว่าการควบคุมแบบเดิม ซึ่งส่งผลให้การกระเพื่อมของแรงบิดลดลง

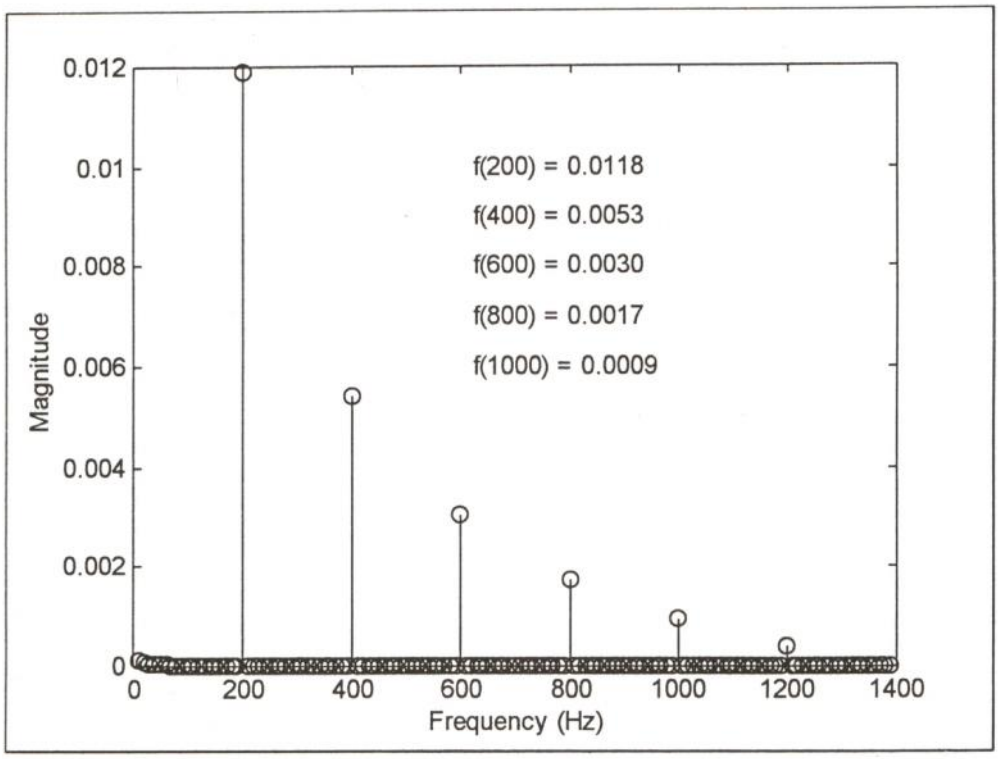
เทคนิคที่นำเสนออาจใช้ประโยชน์อย่างจำกัดในกรณีที่วัฏจักรการทำงานของวงจรชอปเปอร์ทั้งสองด้านมีค่า 40-60% และการควบคุมจะสามารถควบคุมกระแสอาร์เมเจอร์หรือกระแสฟิลด์ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง



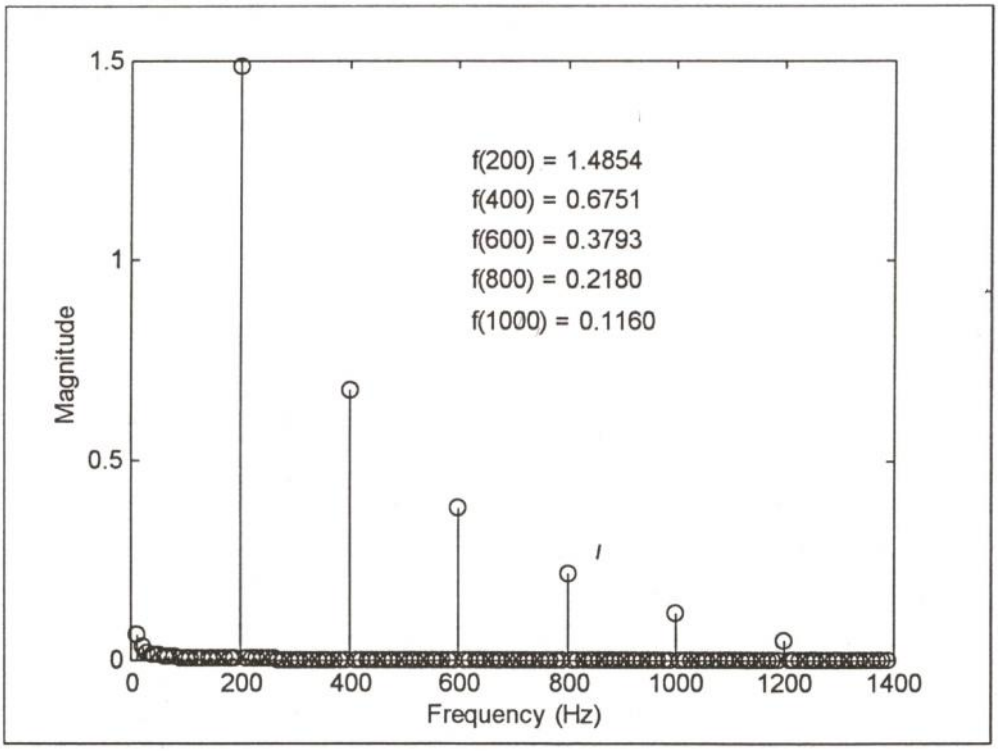
รูปที่ 10 แสดงการกระเพื่อมขึ้นลงของกระแสฟิลด์ในช่วงเวลา 0.8-0.9 sec. สำหรับการควบคุมที่นำเสนอ



รูปที่ 11 แสดงการกระเพื่อมขึ้นลงของกระแสอาร์เมเจอร์ในช่วงเวลา 0.8-0.9 sec. สำหรับการควบคุมที่นำเสนอ



รูปที่ 12 แสดงสเปกตรัมของกระแสฟิลด์ในรูปที่ 10 โดยไม่ได้แสดงสเปกตรัมที่ความถี่เป็นศูนย์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.9131 A.



รูปที่ 13 แสดงสเปกตรัมของกระแสอาร์เมเจอร์ในรูปที่ 11 โดยไม่ได้แสดงสเปกตรัมที่ความถี่เป็นศูนย์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.6181 A.

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์สราวุฒิ สุจิตจรและผู้อ่านบทความเป็นอย่างสูงที่ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำในการเขียนและแก้ไขบทความนี้ ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้สถานที่ทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] T.C. Chew, S. Koyama, "4Q/GTO Chopper Propulsion Control System for Singapore MRT" Mitsubishi Electric Corp, 1987.

[2] C.D. Sousa, K. Bose, "A Fuzzy Set Theory Based Control of a Phase-Controlled Converter DC Machine Drive", *IEEE Transaction on Ind. Appl.*, Vol. 30, No. 1, pp. 34-44, Jan.-Feb., 1994.

[3] MATLAB ver. 4.2c.1, Mathworks Inc., 1994.

เอกสารของ ว.ส.ท.
ห้ามนำออกนอกห้องสมุด

ขอเชิญส่งบทความ

วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา
(Research & Development Journal of the Engineering Institute of Thailand)

ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยกำลังเร่งพัฒนาตัวเอง ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อรองรับการเจริญเติบโตของภาคอุตสาหกรรมในด้านต่าง ๆ ให้สามารถก้าวไปสู่ความเป็นประเทศพัฒนาทางอุตสาหกรรมสมัยใหม่ (Newly Industrialized Country) ได้ การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิธีทำได้เร็วที่สุด คือ การซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ดังเช่น ประเทศญี่ปุ่นในสมัยหลังสงครามโลก วิธีการนี้จะได้ผลเร็วเพราะไม่ต้องเสียเวลารอการวิจัย แต่ในขณะเดียวกัน นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองเงินตราแล้ว ยังทำให้ประเทศนั้นต้องพึ่งพาประเทศอื่น ๆ อยู่ตลอดไป ประเทศที่ยอมซื้อไม่ว่าจะเป็นประเทศญี่ปุ่นจนมาถึงไต้หวัน เกาหลี และประเทศเพื่อนบ้านเรา คือ สิงคโปร์ในขณะนี้ ประเทศเหล่านี้ต่างมองการณ์ไกลเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำการวิจัยเพื่อพัฒนาวิทยาการต่าง ๆ ให้สามารถรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ เพื่อจะได้ค่อย ๆ ปลดตัวเองจากภาระที่เกิดจากการเอารัดเอาเปรียบของประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยีได้

ปัจจัยหนึ่งของการส่งเสริมการทำวิจัย คือ การมีวารสารวิจัยและพัฒนา มารองรับเพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานของนักวิชาการและนักวิจัยเอาไว้ประโยชน์ที่มีนอกจากช่วยไม่ให้มีการทำวิจัยซับซ้อนกันแล้ว ยังช่วยให้เกิดความร่วมมือระหว่างนักวิชาการและนักวิจัยที่สนใจในปัญหาเดียวกัน เกิดมีการวิพากษ์วิจารณ์เพื่อให้ผลงานที่ติดตามมามีคุณภาพดียิ่งขึ้น วารสารทางวิชาการนี้จึงเป็นทรัพยากรทางความรู้ที่สามารถใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคตสำหรับวิศวกร นักวิชาการ และนักวิจัยรุ่นหลังได้

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้เล็งเห็นความสำคัญของการมี "วารสารฉบับวิจัยและพัฒนา" จึงเห็นสมควรแยกเล่มออกมาจาก "วิศวกรรมสาร" (ซึ่งต่อไปจะเน้นไปทางสารคดีกึ่งวิชาการและข่าวสารปริทรรศน์มากกว่า) ต่อไปนี้วารสารวิชาการของ ว.ส.ท. จะออกเป็นราย 6 เดือน โดยจะรวมทุกสาขาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์เข้าด้วยกัน บทความทุกบทความที่ลงพิมพ์ในวารสารจะได้รับการประเมิน (Review) โดยกรรมการสาราณียกรและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มั่นใจว่าทุกบทความที่ได้รับการลงพิมพ์ใน "วารสารฉบับวิจัยและพัฒนา" เป็นบทความที่มีคุณภาพและมีคุณค่ายิ่ง

การส่งบทความ เพื่อให้วารสารทางวิชาการมีมาตรฐานไม่ด้อยกว่าวารสารของสมาคมวิชาชีพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอื่น ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ คณะกรรมการสาราณียกรได้ให้ข้อแนะนำเพื่อผู้เขียนจะได้ใช้ในการพิจารณาส่งบทความมาลงตีพิมพ์ "วารสารฉบับวิจัยและพัฒนา" ดังนี้

1. บทความที่จะส่งควรเป็นผลงานการค้นคว้าวิจัยของผู้เขียนเอง และมีคุณค่าทางวิชาการพอสมควร
2. ภาษาที่ใช้อาจเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ชื่อบทความ (title) ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
3. เพื่อให้บทความมีความกะทัดรัดไม่เยิ่นย่อ และบทความควรมีความยาวไม่เกิน 10 หน้า กระดาษพิมพ์ดีด รวมทั้งรูปและตาราง
4. บทความต้องมีบทคัดย่อยาวไม่เกิน 15 บรรทัดพิมพ์ โดยมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
5. ทุกบทความควรมีบทนำ (Introduction) บทสรุป (Conclusion) และเอกสารอ้างอิง (Reference)
6. เอกสารอ้างอิงถ้ามาจากเอกสารภาษาต่างประเทศ ให้เขียนเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยภาษาอังกฤษ เอกสารอ้างอิงจะต้องประกอบด้วยชื่อผู้เขียน ชื่อบทความ ชื่อเอกสารที่ตีพิมพ์ สถานที่ตีพิมพ์ (ถ้าเป็นหนังสือ) ปีที่พิมพ์ และหน้าของบทความดังกล่าวในเอกสารนั้น)
7. ตารางและกราฟ ควรเป็นต้นฉบับที่ชัดเจน รูปถ่ายควรแนบฟิล์มมาด้วย คำบรรยายภาพควรเป็นภาษาอังกฤษ
8. โปรดส่งบทความมายังคณะกรรมการสาราณียกรฉบับวิจัยและพัฒนา ณ สำนักงานวิศวกรรมสถาน แห่งประเทศไทยฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กทม. 10330 โทร. 218-6794-9, 251-2504 และ 250-1900
9. บทความทุกบทความจะได้รับการประเมินเพื่อตีพิมพ์โดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาเดียวกัน
10. คณะกรรมการสาราณียกร อาจให้ผู้เขียนปรับปรุงบทความให้มีเหมาะสมยิ่งขึ้น และทรงไว้ซึ่งสิทธิในการตัดสินลงพิมพ์บทความหรือไม่ก็ได้
11. ผู้เขียนบทความเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องมาจากบทความนั้น ๆ และยินยอมให้วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ร่วมถือลิขสิทธิ์ของบทความนั้น ๆ

RESEARCH AND DEVELOPMENT JOURNAL OF THE ENGINEERING INSTITUTE OF THAILAND

Notes for Contributors

1. Paper should be original contribution and substantial technical quality.

2. The main body of the paper can be written either in Thai or English. Regardless of the language of the main body, the title, the summary of the paper and the author name(s) must be submitted both in Thai and English.

3. The manuscript should typed one and a half space on one side of the paper. The total number of pages should normally not exceed 10 pages including figures and tables.

4. The paper should be reasonably divided into sections, which may include Introduction, Conclusions and References. Numbering of Sections should be avoided.

5. References should be quoted in the text sequentially by Arabic numerals and grouped together at the end in numerical order. References should include author(s), title, name of the publication (Journals, Reports, etc.), publisher, place and date of publication, and page numbers.

6. Original tables and figures must be submitted with the manuscript. Description should be English.

7. The manuscript should be submitted to the Chief Editor, Prof. Dr. Prida Wibulswas,The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage, Henry Dunant Road, Bangkok 10330, Thailand, or any of the Associate Editors whose field is close to the nature of the paper.

8. All papers will be evaluated by reviewers before the final decision on publication is made. The editors reserve the right to recommend for revision as a condition for final acceptance.

9. In submitting the manuscript, the author(s) transfer the copyright to TJEIT, but still accepts any legality consequence for having the paper published.