

**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2014 (EENET 2014)

**การควบคุมวงจรทอนทบแรงดันแบบเค-วาย**

**Control of Buck-Boost KY Converter**

พิษณุ ศรีธงษ์<sup>1</sup> สิทธิชัย บุญปิติทัศน์<sup>2</sup> และ ธวัชชัย จิตต์สนธิ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

<sup>1,3</sup> 833 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330, E-mail: Sr.pitsanu@gmail.com

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

96 หมู่ 3 ถ.พุทธมณฑลสาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม โทรศัพท์: 02-889-4584-7 ต่อ 2660, E-mail: sitchai.boon@rmutr.ac.th

**บทคัดย่อ**

การควบคุม วงจรทอนทบแรงดันแบบเค-วาย ได้รับการนำเสนอ ขึ้นคอนวิธิเชิงพันธุกรรมประยุกต์หาตัวควบคุม โดยการลดค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ นั่นก็คือความผิดพลาดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับระบบที่ทำงาน สมรรถนะของตัวควบคุมที่นำเสนอในวงจรทอนทบแรงดันแบบเค-วาย ผลการจำลองยืนยันสมรรถนะของการออกแบบตัวควบคุมที่นำเสนอได้ผลดี

คำสำคัญ: วงจรทอนทบแรงดันแบบเค-วาย, ขึ้นคอนวิธิเชิงพันธุกรรม

**Abstract**

The control of Buck-Boost KY Converter is presented. Genetic Algorithm is applied to find the controller by minimizing objective functions that is the error between model reference and process output signal. The performance of the proposed controller is investigated in Buck-Boost KY Converter. Simulation results confirm the performance of the design of a proposed controller.

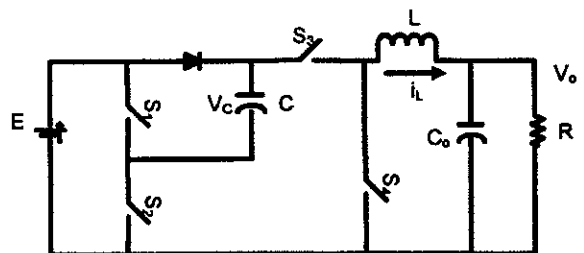
Keywords: Buck-Boost KY Converter, Genetic Algorithm

**1. บทนำ**

ในปัจจุบันความต้องการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงมีมากขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการนี้โดยทั่วไปก็มักจะใช้ วงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์ [1-3] เพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือใช้ในการประจุแบตเตอรี่หรืองานประเภทอื่น อีกมากมาย ซึ่งแต่ละงานก็จะใช้แรงดันที่ไม่เท่ากันและยังรวมไปถึงกับบางสถานที่ก็มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้เราได้ระดับแรงดันที่ไม่เท่ากันเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยทั่วไปแล้วจะใช้วงจรที่เรียกว่าวงจรทอนทบแรงดันซึ่งมีหน้าที่ในการ

ปรับแรงดันให้มากกว่าหรือน้อยกว่าแรงดันเข้าของตัวมันเด้นั้นมันจึงเป็นที่นิยมในการนำมาใช้งานดังนั้นเพื่อการทำให้งานทำงานได้ถูกต้องและแม่นยำจึงจำเป็นต้องมีตัวควบคุมการทำงานของวงจรซึ่งตัวควบคุมส่วนใหญ่จะต้องทำให้งานมีสมรรถนะที่ดีดังนั้นบทความนี้ นำเสนอการออกแบบตัวควบคุมที่อาศัยความสามารถของ กระบวนการทางพันธุกรรม[4]หาค่าที่เหมาะสมจาก ค่าฟังก์ชันเป้าหมายคือสมรรถนะที่ใกล้เคียงกับสมรรถนะอ้างอิงที่สุดจากการจำลองพบว่าตัวควบคุมให้ค่าสมรรถนะที่เข้าเดียวกับสมรรถนะอ้างอิงนั้นทำให้สามารถออกแบบตัวควบคุมแบบโลคัลได้เพียงเปลี่ยนสมรรถนะอ้างอิงขึ้นคอนการหาตัวควบคุมที่นำเสนอก็จะสร้างตัวควบคุมขึ้นมาได้โดยในบทความนี้แบ่งออกเป็นดังต่อไปนี้หัวข้อที่สองคือ โมเดลทางคณิตศาสตร์ของวงจรทอนทบแรงดันแบบเค-วาย[5]ส่วนหัวข้อถัดมาคือการกล่าวถึงขึ้นคอนวิธิเชิงพันธุกรรม ถัดจากนั้นคือการออกแบบตัวควบคุมและตามด้วยผลการจำลองและสุดท้ายคือการสรุปผล

**2. วงจรทอนทบแรงดันแบบเค-วายและโมเดลทางคณิตศาสตร์[5]**

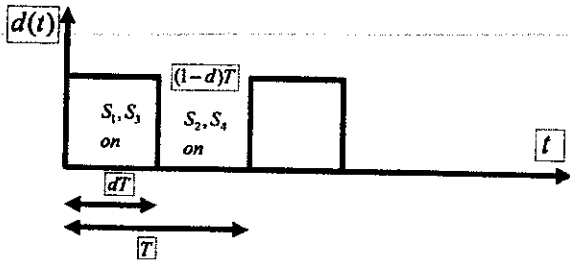


รูปที่ 1 วงจรทอนทบแรงดันแบบ เค-วาย

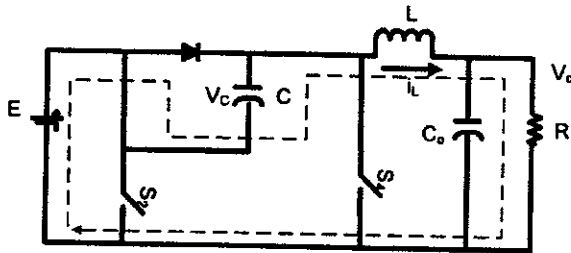
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

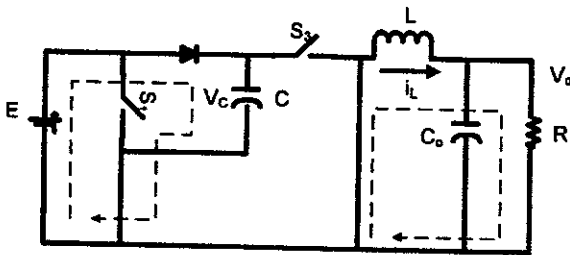
Proceedings of the 6<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2014 (EENET 2014)



รูปที่ 2 สัญญาณในการขับสวิตช์



รูปที่ 3 วงจรทำงานในโหมด 1



รูปที่ 4 วงจรทำงานในโหมด 2

เมื่อ  $L$  คือตัวเหนี่ยวนำ ,  $D$  คือไดโอด ,  $E$  คือแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ,  $R$  คือความต้านทาน ,  $V_o$  คือแรงดันไฟฟ้าด้านออก ,  $C$  คือตัวเก็บประจุ ,  $S$  คือสวิตช์

รูปที่ 1 แสดงวงจรทอนทบทแรงดันแบบแค-วาช ซึ่งมีการทำงานของสวิตช์ดังแสดงตามรูปที่ 2 ซึ่งแบ่งการทำงานเป็น 2 โหมดดังต่อไปนี้

โหมดที่ 1 ช่วงเวลา  $0 < t < dT$  ตามรูปที่ 3 สวิตช์  $S_1, S_3$  จะนำกระแสส่วนสวิตช์  $S_2, S_4$  จะไม่นำกระแสดังแสดงตามรูปที่ 3 ซึ่งจะทำได้ไดโอดไม่นำกระแสและตัวเก็บประจุ  $C$  คายประจุโดยมีความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$L \frac{di_L}{dt} = E + v_c - v_o \quad (1)$$

$$C_0 \frac{dv_o}{dt} = i_L - \frac{v_o}{R_0} \quad (2)$$

$$C \frac{dv_c}{dt} = -i_L \quad (3)$$

โหมดที่ 2 ช่วงเวลา  $dT < t < T$  ตามรูปที่ 3

สวิตช์  $S_2, S_4$  จะนำกระแสส่วนสวิตช์  $S_1, S_3$  จะไม่นำกระแส ดังแสดงตามรูปที่ 4 ซึ่งจะทำได้ไดโอดนำกระแสและตัวเก็บประจุ  $C$  รับประจุโดยมีความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$L \frac{di_L}{dt} = -v_o \quad (4)$$

$$C_0 \frac{dv_o}{dt} = i_L - \frac{v_o}{R_0} \quad (5)$$

$$v_c = E \quad (6)$$

ส่วนทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน ระหว่างดิฟเฟอเรนเชียล [5] ไปแรงดันด้านออก เป็นไปตามสมการ (7) คือ

$$\frac{v_o}{d} = \left( \frac{2E}{L} \right) \left( \frac{s + \frac{1}{R_0 C_0}}{s^2 + \frac{s}{R_0 C_0} + \frac{1}{LC_0}} \right) \quad (7)$$

3. ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมกระบวนการ เป็นการคัดเลือกทางพันธุกรรมพันธุ์ดีจะถูกคัดเลือก จึงนำไปใช้ในการหาคำตอบของปัญหา ตามเงื่อนไขและฟังก์ชันของจุดประสงค์ที่กำหนด เริ่มจากการสุ่มค่าประชากร โดยที่สมาชิกแต่ละตัวเรียกว่าโครโมโซม โดยโครโมโซมนั้นประกอบด้วย ยีนเรียงต่อกัน จากนั้น นำประชากรทั้งหมดไปแทนในฟังก์ชันจุดประสงค์ จะได้ผลลัพธ์เป็นค่าความเหมาะสมของสมาชิกตัว เมื่อได้ความเหมาะสมแล้วทำการคัดเลือกพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ มาเป็นโครโมโซมรุ่นพ่อและรุ่นแม่เพื่อถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกมีหลักคือ โครโมโซมที่มีความเหมาะสมสูง จะมีโอกาสถูกเลือกได้มากกว่า เมื่อได้พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์แล้วจะนำพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ มาผลิตรุ่นลูกได้เป็นประชากรรุ่นใหม่

4. การออกแบบตัวควบคุม

ในบทความนี้จะกำหนด ตัวควบคุมและผลตอบสนองที่ต้องการตามสมการดังนี้

$$\text{controller} = K_p + \frac{K_I}{S} \quad (8)$$

จากนั้นใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการหาค่าพารามิเตอร์  $K_p, K_I$  เพื่อให้ได้ผลตอบสนองตามค่าที่ต้องการมากที่สุดค่าฟังก์ชัน  $J_{cost}$  เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งมีค่าตามสมการนี้

$$J_{cost} = \frac{1}{\sum |y_r(t) - y(t)|} \quad (9)$$

โดย  $t = 0 : 0.000001 : 0.1$

**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2014 (EENET 2014)

เมื่อ  $y_r(t)$  คือ ค่าผลตอบสนองที่ต้องการ  
 $y(t)$  คือค่าผลตอบสนองที่ได้จากตัวควบคุม

ขั้นตอนการทำงานของวิธีเชิงพันธุกรรมเริ่มจาก กำหนดพารามิเตอร์ และขอบเขตของขั้นตอนเชิงพันธุกรรม จากนั้นกำหนดค่าพารามิเตอร์รุ่นที่ 1 ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยวิธีสุ่ม จากนั้น หาค่า  $J_{cost}$  ของโคโมโซมทุกตัวโดยโคโมโซมที่มีค่าสูงสุดจะเป็นค่าตอบของรุ่น จากนั้นหาประชากรแต่ละตัวในรุ่นต่อไปเมื่อได้ประชากรรุ่นต่อไป แล้วนำไปหาค่า  $J_{cost}$  ทำซ้ำขั้นนี้ไปจนครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนดเมื่อครบทุกรุ่นแล้วให้โคโมโซมที่มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบทุกรุ่นเป็นค่าตอบ

**5. ผลการจำลอง**

ตารางที่ 1 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในการจำลอง นำค่าในตารางที่ 1 แทนลงในสมการที่ (7) ได้

$$\frac{v_o}{d} = \frac{2.5 \times 10^6 s + 0.04}{62.5 s^2 + 1 \times 10^{-6} s + 0.00625} \quad (10)$$

กำหนดขอบเขตและเงื่อนไขดังนี้

$$K_p \in [0 \ 10000], K_i \in [0 \ 1000]$$

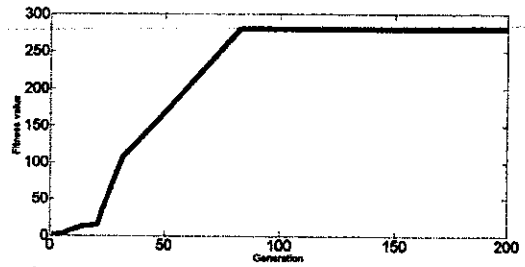
จำนวนรุ่นคือ 200 รุ่น

$y_r(t)$  คือ ค่าผลตอบสนองที่ได้จากการสเปฟฟังก์ชัน  $\frac{1}{0.001 s + 1}$

การจำลอง ได้คำตอบที่ดีที่สุดจะอยู่ในรุ่นที่ 83 ซึ่งมีค่า 280.256463 ดังแสดงตามรูปที่ 5 ตารางที่ 2 แสดงผลการออกแบบระบบควบคุมที่นำเสนอจะเห็นได้ว่าผลตอบสนองทางด้านสมรรถนะ ของตัวควบคุมมีค่าเช่นเดียวกับผลตอบสนองทางด้านสมรรถนะของฟังก์ชัน  $\frac{1}{0.001 s + 1}$

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของระบบ

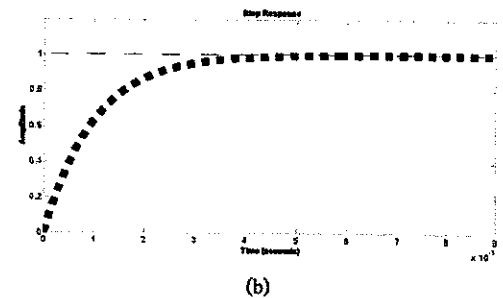
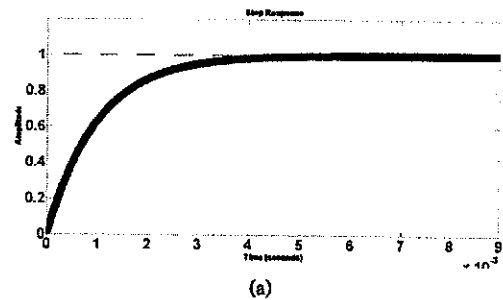
พารามิเตอร์	ค่าที่ออกแบบ
$E$	200 V
$R_s$	62.5 $\Omega$
$L$	10 mH
$C_s$	1 $\mu$ F



รูปที่ 5 พิศนัยของค่าตอบที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่นตั้งแต่รุ่นที่ 1 ถึง 200 ตารางที่ 2 สมรรถนะของตัวควบคุม

	ตัวควบคุมที่นำเสนอ $1000 + \frac{0.3261}{s}$	สเปฟฟังก์ชัน $\frac{1}{0.001 s + 1}$
เปอร์เซ็นต์การพุ่งเกิน	0 %	0 %
ช่วงเวลาขึ้น	0.002 s	0.002 s
ช่วงเวลาเข้าที่	0.00391 s	0.00391 s

ในรูปที่ 6 รูปบนแสดงกราฟระหว่างการตอบสนองฟังก์ชันขั้นบันไดจากการออกแบบ รูปล่างคือผลตอบสนองฟังก์ชันขั้นบันไดของฟังก์ชัน  $\frac{1}{0.001 s + 1}$  ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่ได้จากตารางที่ 2



รูปที่ 6

รูป(า)ด้านบนคือการตอบสนองฟังก์ชันขั้นบันไดจากการออกแบบ รูป(บ)ด้านล่างคือผลตอบสนองฟังก์ชันขั้นบันไดของฟังก์ชันอ้างอิง

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

Proceedings of the 6<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2014 (EENET 2014)

### 6. สรุปผลการจำลอง

ตัวควบคุมที่ นำเสนอนี้ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการ ออกแบบตัวควบคุมให้มีผลตอบสนองตามการอ้างอิงที่กำหนดขึ้นซึ่งทำให้ผู้ออกแบบระบบสามารถกำหนดผลตอบสนองของระบบได้ตามที่ ต้องการผ่านตัวควบคุมที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน จากผลการจำลองด้วย คอมพิวเตอร์ ตัวควบคุม ที่นำเสนอมีสมรรถนะที่ดีโดยวัดจากเปอร์เซ็นต์ การพุ่งเกิน ช่วงเวลาขึ้นและช่วงเวลาที่ช้าที่ และมีความใกล้เคียงกับ ผลตอบสนองตามที่ต้องการ



นายติर्थชัย บุญปิตักษ์

การศึกษา : วศ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
งานวิจัยที่สนใจ : อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

### 7. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณคณาจารย์วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่อำนวยความสะดวก ในการจัดทำงานวิจัยครั้งนี้



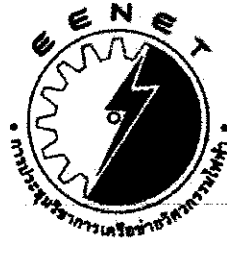
นายรัชชัย จิตต์สนธิ์

การศึกษา : คอ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจ : ระบบควบคุม

### 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Newlin D.J.S., Ramalakshmi R., Rajasekaran S. , "A performance comparison of interleaved boost converter and conventional boost converter for renewable energy application", IEEE International Conference on Green High Performance Computing (ICGHPC) ,pp. 1 - 6 , 2013
- [2] Viswanathan K., Oruganti R., Srinivasan, D. , "Dual-mode control of tri-state boost converter for improved performance",IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 20 , pp.790 - 797, 2005.
- [3] Ping Yang, Jianping Xu, Guohua Zhou, Shiyu Zhang,"A new quadratic boost converter with high voltage step-up ratio and reduced voltage stress",Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC), Vol. 2 , pp.1164 - 1168, 2012
- [4] Sundareswaran K., Vadali K.V.S.M.K., Nadeem S.K., Shyam H.N.,"Robust Controller Identification for a Boost Type DC-DC Converter Using Genetic Algorithm",IEEE Region 10 and the Third international Conference on Industrial and Information Systems, pp.1 - 5, 2008
- [5] Aoun M., El-Maalouf M., Rouhana N., Kanaan H.Y., Al-Haddad K., "Average modeling and linear control of a buck-boost KY converter ", 5th International Symposium on Communications Control and Signal Processing (ISCCSP), pp.1 - 5 , 2012





การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๒

๑๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗

เรื่อง ผลการพิจารณาบทความ EENET2014

เรียน นาย พิษณุ ศรีธงชัย  
นาย สิทธิชัย บุญปียัทคน์  
นาย ธวัชชัย จิตตสนธิ์

ตามที่ท่านได้ส่งบทความเพื่อเข้าร่วมงานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๒ (EENET2014) ระหว่างวันที่ ๒๖ - ๒๘ มีนาคม ๒๕๕๗ ณ มาร์ทีม ปาร์ค แอนด์ รีสอร์ท จังหวัดกระบี่ ในหัวเรื่อง

" การควบคุมวงจรทอนทบทแรงดันแบบเค-วาย "

ในการนี้ คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการประจำเครือข่ายมีความยินดีที่จะเรียนให้ท่านทราบว่า บทความเรื่องดังกล่าวได้ " ผ่านการพิจารณา " โดยผู้ทรงคุณวุฒิให้นำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๒ (EENET2014) แล้ว

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ลงชื่อ

( รองศาสตราจารย์มนัส อนุศิริ )  
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
ประธานกรรมการดำเนินงาน  
การประชุมวิชาการ EENET2014

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย  
๑ ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ๙๐๐๐๐  
โทรศัพท์และโทรสาร ๐๗๕-๓๑๗๑๖๘