บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

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

ชุดทดลองแรงดันตกชั่วขณะที่ทำงานสองหน้าที่

Dual Function Voltage Sag Generator/Compensator Didactic

พินิต แสงวัฒนะ[1] โกศล โอฬารไพโรจน์[2] วรจักร์ เมืองใจ[3] วิชาญ ขันที[2] ธนิต บุญไส[4]

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[2]อาจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[3]อาจารย์ประจำ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

[4]อาจารย์ประจำ สาขาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญญบุรี

128 ต.ช้างเผือก ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ โทรศัพท์ : 0539214444 ต่อ 2122 E-mail: kosoloran@gmail.com

บทคัดย่อ

บทคัดย่อบทความนี้นำเสนอ ชุดสร้างแรงดันตกชั่วขณะ/ชุดชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ ขนาด 1 kW ที่อยู่ในชุดทดลองเดียวกันสำหรับใช้ในการเรียนการสอนของสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ โดยออกแบบชุดทดลองที่ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ 7 ชุด เพื่อนำมาประกอบเป็นชุดทดลอง สร้างแรงดันตกชั่วขณะ และ ชุดชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ โดยชุดฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย ชุดตรวจวัด และเฟสล็อกลูป เครื่องสร้างสัญญาณรูปคลื่น ชุดไมโครคอนโทรเลอร์ ชุดอินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส หม้อแปลงความถี่สูง โซลิดสเตตสวิตช์ และ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยชุดทดลองนี้จัดเตรียมสำหรับให้นักศึกษาได้ฝึกการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดลอง หรือใช้ทดลองทดสอบผลของแรงดันตกชั่วขณะและวิธีการชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ

คำสำคัญ: ชุดสร้างแรงดันตกชั่วขณะ, ชุดชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ

1. บทนำ

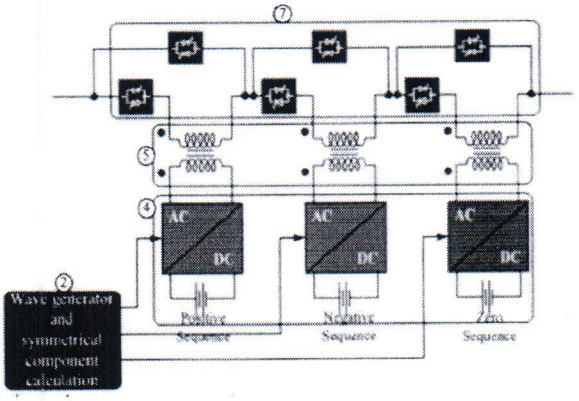
การเรียนการสอนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ระดับปริญญาตรีของสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ผ่านมาจะทำการเรียนการสอนการควบคุมแบบ เปิด/ปิด ซึ่งเป็นการควบคุมแบบดิจิตอลเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จะเรียนวงจรเบื้องต้น เช่น DC-DC คอนเวอร์เตอร์ หรือ DC-AC อินเวอร์เตอร์ ชุดทดลองนี้สร้างขึ้นเพื่อให้นักศึกษาที่ศึกษารายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ และอิเล็กทรอนิกส์กำลัง มีการประยุกต์ใช้งานโดยฝึกการเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุม การทำงานวงจร ควบคุมการอ่านค่าจากชุดวัด ควบคุมการทำงานอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว ควบคุมการทำงานของโซลิด สเตตสวิตช์ โดยชุดฮาร์ดแวร์ทุกชุดจะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ นักศึกษาที่ใช้ชุดทดลองนี้สามารถทำการเปลี่ยนอัลกอลิทึ่มการควบคุมฮาร์ดแวร์ได้อย่างอิสระ และทำการทดสอบฮาร์ดแวร์แต่ละชุดได้ตามวัตถุประสงค์

ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ 7 ชุดที่สามารถนำมาประกอบเป็น ชุดสร้างแรงดันตกชั่วขณะ และชุดชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ (DVR) ชุดทดลองประกอบด้วย 1) ชุดเซนเซอร์แรงดัน และ เฟสล็อกลูป 2) ชุดสร้างรูปคลื่น และชุดคำนวณองค์ประกอบสมมาตร 3) ไมโครคอนโทรเลอร์ 4) อินเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งเฟส 5) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน 6) หม้อแปลงความถี่สูง 7) ชุดโซลิดสเตตสวิตช์ โดยการประกอบชุดฮาร์ดแวร์ที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 จะเป็นการทดลองเครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะ และถ้านำชุดฮาร์ดแวร์ที่ 1, 3, 4, 5 และ 6 มาประกอบกันจะเป็นการทดลองเครื่องชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ(DVR)

2. ชุดทดลองสองหน้าที่ เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะ/เครื่องชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ

2.1 เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะ

เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะที่ใช้ในห้องทดลองเกี่ยวกับคุณภาพไฟฟ้าใช้สำหรับทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความอ่อนไหวต่อแรงดันตกชั่วขณะตามมาตรฐานต่าง ๆ เช่น SEMI F47, ITIC, CBEMA หรือ IEC6199-4-1[1] ในบทความนี้ออกแบบสร้างเครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้หลักการขององค์ประกอบสมมาตร (Symmetrical component)[2] โดยออกแบบชุดทดลองเป็นชนิดเฟสเดียวแสดงดังรูปที่ 1.

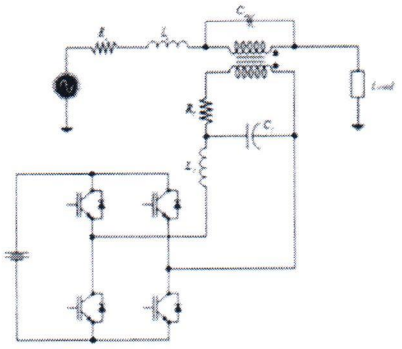


รูปที่ 1. เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้หลักการองค์ประกอบสมมาตร

เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะในรูปที่ 1. ประกอบด้วยโมดูล ชุดที่ 2) ชุดสร้างรูปคลื่น และคำนวณองค์ประกอบแบบสมมาตร 4) อินเวอร์ชนิดหนึ่งเฟส 5) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน 6) หม้อแปลงความถี่สูง 7)โซลิดสเตตสวิตช์

2.2 เครื่องชดเชยแรงดันชั่วขณะ (DVR)

บทความนี้เลือกใช้เครื่องชดเชยแรงดันตกชั่วขณะเป็นชนิด dynamic voltage restorer (DVR) โดยหลักการของ DVR คือ ใช้หม้อแปลงความถี่สูงที่ควบคุมการทำงานด้วยอินเวอร์เตอร์ต่ออนุกรมกับภาระ โดยผ่านชุดวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อฉีดแรงดันชดเชยในสภาวะเกิดแรงดันตกชั่วขณะ แสดงดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2.วงจร DVR ชนิดหนึ่งเฟส

การทำงานของ DVR คือ เมื่อชุดวัดแรงดันสามารถวัดแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดขึ้น ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการคำนวณแรงดันที่ต้องทำการชดเชย และสั่งให้อินเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งเฟสสร้างแรงดันฉีดเข้าไปที่หม้อแปลงความถี่สูงที่ต่ออนุกรมอยู่กับภาระ จึงทำให้ภาระได้รับแรงดันปกติตลอดเวลา

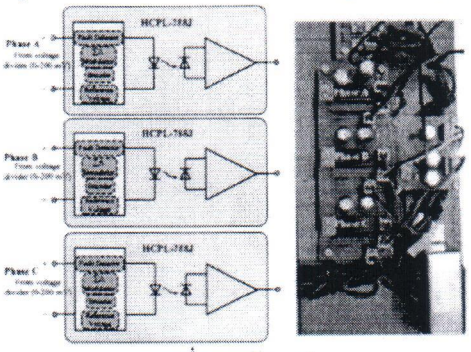
3. ฮาร์ดแวร์ ชุดทดลองสองหน้าที่ เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะ/เครื่องชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ

จากหัวข้อที่ 1. ฮาร์ดแวร์ของเครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะที่ใช้หลักการองค์ประกอบชนิดสมมาตร และเครื่องชดเชยแรงดันตก DVR จะใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีโครงสร้างเหมือนกัน ดังนั้นบทความนี้จึงได้ออกแบบชุดทดลองที่สามารถทำงานสองหน้าที่โดยใช้ชุดฮาร์ดแวร์เดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4.

จากวงจรรูปที่ 4. ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ส่วนต่าง ๆดังต่อไปนี้

3.1 ชุดวัดแรงดัน และเฟสล็อกลูป

ชุดวัดแรงดัน และเฟสล็อกลูปประกอบด้วยเซนเซอร์วัดแรงดัน 3 ชุด โดยบทความนี้เลือกใช้ IC HCPL-788J เป็นตัววัดแรงดัน เมื่อวัดแรงดันจากชุดวัดแรงดันจะนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลโดยใช้อัลกอลิทึ่มเฟสล็อกลูปเพื่อทำการตรวจจับแรงดันตกชั่วขณะ ชุดวัดแรงดันแสดงดังรูปที่ 3. และแผนภาพกรอบของเฟสล็อกลูปแสดงดังรูปที่ 5.



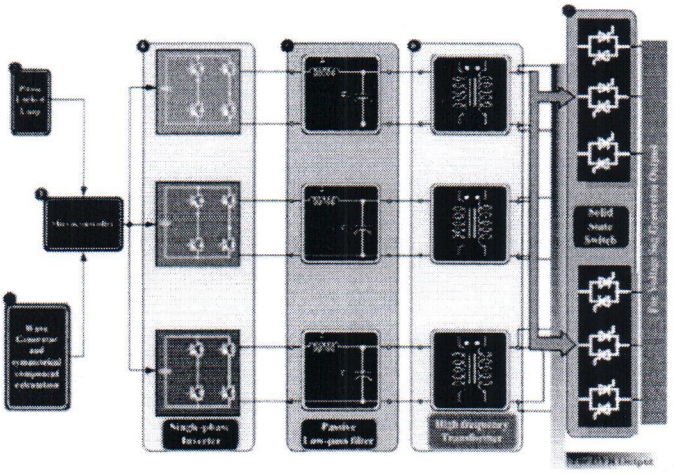
รูปที่ 3. ชุดวัดแรงดัน

3.2 ชุดสร้างรูปคลื่น และคำนวณองค์ประกอบชนิดสมมาตร

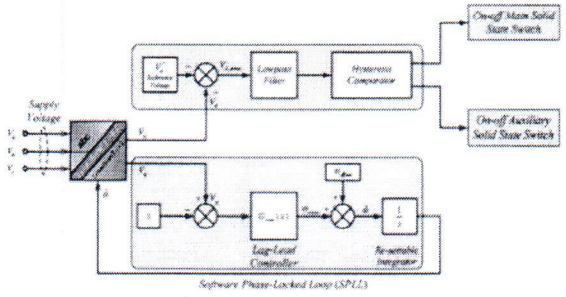
ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยซอฟต์แวร์สร้างรูปคลื่น และไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับข้อมูลจากซอฟต์แวร์สร้างรูปคลื่นเพื่อทำการคำนวณองค์ประกอบสมมาตร แสดงดังรูปที่ 6. และรูปที่ 7.

3.3 ชุดไมโครคอนโทรเลอร์ FiO

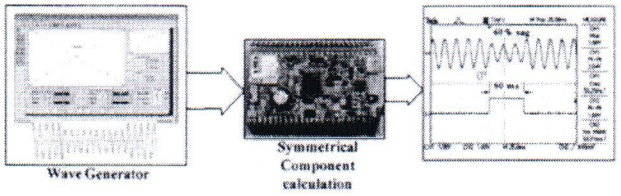
ในบทความนี้เลือกใช้ชุดไมโครคอนโทรเลอน์เป็น FiO และควบคุมการทำงานด้วย RapidSTM32 Blockset เป็นตัวควบคุมและคำนวณองค์ประกอบสมมาตร แสดงดังรูปที่ 8.



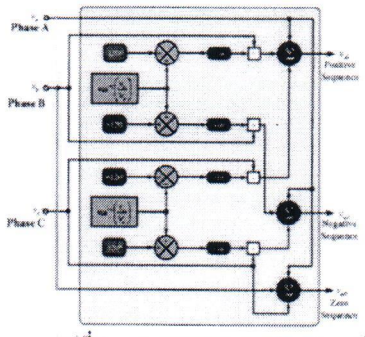
รูปที่ 4. สาร์ดแวร์ ชุดทดลองสองหน้าที่ เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะ/เครื่องชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ



รูปที่ 5. แผนภาพกรอบเฟสล็อกลูป



รูปที่ 6. ซอฟต์แวร์สร้างรูปคลื่น และไมโครคอนโทรเลอร์

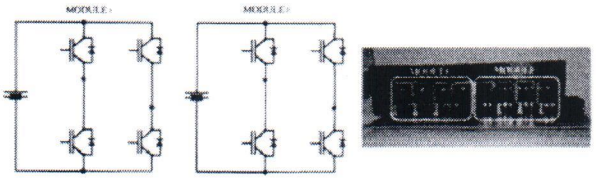


รูปที่ 7. แผนภาพกรอบการคำนวณองค์ประกอบสมมาตร

รูปที่ 8. บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ FiO

3.4 อินเวอร์เตอร์ชนิดหนึ่งเฟส

ในบทความนี้เลือกใช้อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสชนิด H-bridge แสดงดังรูปที่ 9.



รูปที่ 9. อินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสชนิด H-bridge

3.5 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

บทความนี้เลือกใช้วงจรกรอง LC อันดับสอง -40dB/dec สำหรับความถี่สวิตช์ 5 kHz โดยใช้ $L_f = 63mH$ และ $C_f = 20\mu F$ ซึ่งจะได้ความถี่ดังสมการ (1) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแสดงดังรูปที่ 10.

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{63\times10^{-3}\times20\times10^{-6}}} = 141.8Hz \qquad (1)$$

3.6 หม้อแปลงความถี่สูง

หม้อแปลงความถี่สูงจะใช้เป็นตัวสร้างแรงดันตก และแรงดันชดเชย โดยออกแบบหม้อแปลงให้มีอัตราส่วนแรงดัน 1:1 ขนาด 300 VA

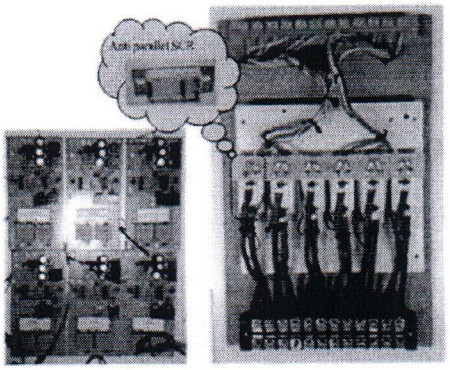
โดยเลือกใช้แกนเฟอร์ไรต์ UI-93 $A_p = 69.75\,cm^4$, $A_c = 8.4\,cm^2$ และ ออกแบบโดยผลการคูณพื้นที่ตามสมการ (2) โดยใช้ความถี่การสวิตช์ 5 kHz

$$A_p = \left(\frac{P_{total} \times 10^4}{k_f B_m f k_w k_j} \right)^{1.14} \quad (2)$$

โดยคำนวณจำนวนรอบขดลวดได้ 196 รอบ โดยใช้ลวดอาบน้ำยาเบอร์ 28

3.7 โซลิดสเตตสวิตช์

วงจรโซลิดสเตตสวิตช์ใช้ในการสลับการทำงานของแหล่งจ่าย และตัด/ต่อ หม้อแปลง แสดงวงจรในรูปที่ 10.



รูปที่ 10. วงจรโซลิดสเตตสวิตช์

4. การทำงานของชุดทดลอง ชุดทดลองสองหน้าที่ เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะ/เครื่องชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ

4.1 การทำงานของชุดทดลองเมื่อเลือกเป็นเครื่องกำเนิดแรงดันตกชั่วขณะ

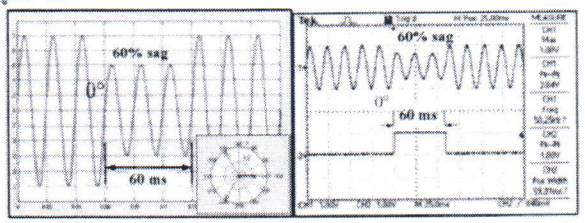
เริ่มต้นจากเครื่องสร้างรูปคลื่นส่งข้อมูลให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดไมโครคอนโทรเลอร์จะตัดแหล่งจ่ายปกติออกและต่อหม้อแปลงความถี่สูงเข้ากับภาระโดยตัด/ต่อผ่าน โซลิดสเตตสวิตช์ และนำข้อมูลมาคำนวณหาองค์ประกอบสมมาตร และทำการควบคุมอินเวอร์เตอร์ฉีดองค์ประกอบลำดับบวก ลำดับลบ และลำดับศูนย์ไปยังหม้อแปลงความถี่สูงและวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ต่ออนุกรมกับภาระสร้างแรงดันตกชั่วขณะ

4.2 การทำงานของชุดทดลองเมื่อเลือกเป็นเครื่องชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ DVR

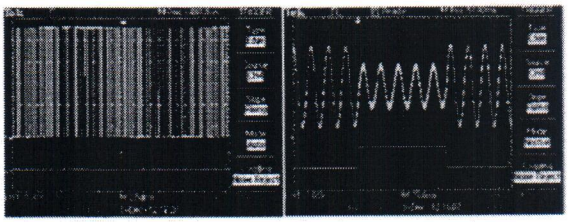
การทำงานเริ่มจากชุดวัดแรงดันและเฟสล็อกลูปตรวจจับสัญญาณแรงดันตกได้ และไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้อินเวอร์เตอร์ฉีดแรงดันชดเชยผ่านหม้อแปลงแรงสูง และชุดกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ

5. ผลการทดลอง

ในการสร้างชุดทดลองของบทความนี้ยังอยู่ในระหว่างการนำฮาร์ดแวร์มาประกอบ และเขียนซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานทั้งหมด ซึ่งในบทความนี้ทำการทดสอบฮาร์ดแวร์หลักที่สำคัญ คือ ตัวสร้างรูปคลื่นและสัญญาณที่จะนำไปขับหม้อแปลงความถี่สูง แสดงดังรูปที่ 11. และรูปที่ 12.



รูปที่ 11. ซอฟต์แวร์ และผลการสร้างแรงดันตก



รูปที่ 12. สัญญาณขับเกต และผลการสร้างแรงดันตกชั่วขณะ

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้นำเสนอชุดทดลองสองหน้าที่ เครื่องสร้างแรงดันตกชั่วขณะ/เครื่องชดเชยแรงดันตกชั่วขณะ ซึ่งได้ออกแบบฮาร์ดแวร์เป็นที่แล้วเสร็จ และอยู่ในระหว่างการทดสอบฮาร์ดแวร์ในแต่ละส่วน เพื่อนำมาประกอบกันเป็นชุดทดลองสองหน้าที่ และอยู่ในระหว่างการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะได้นำเสนอในโอกาสต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Orapiroj, S. Premrudeeprechacharn, M. Ngoudech, W. Muangjai, K. Yingkayan, T. Booksai, "The 3-Phase 4-Wrie Voltage Sag Generator Based on Three Dimensions Space Vector Modulation in abc Coordinates," ECTI-CON 2009, vol.1, 2009, pp.82 – 85.

[2] Renato Takahashi, Jose Anonio Cortez, Valberto Ferreira da Silva, Angel J. J. Rezek, "A PROTOTYPE IMPLEMENTATION OF A VOLTAE SAG GENERATOR," Induscon, 2008.

[3] S. Sasitharan, K. Mahesh, "Rating and Design Issuse of DVR Injection Transformer," APEC 2008, 2008, pp. 449 – 455.

[4] M.A. Eldery, E.F. El-Saadany and M. M. A. Salama, "An On-Line Measurement of Symmetrical Components Utilizing The Energy Operator," Power Engineering Society General Meeting," 2006.

[5] A. Ramasamy, V.K. Ramachandarmurthy, R.K. Iyer, Liew Zhan Liu, "Dynamic Voltage Restorer Lab Prototype," PECOn 2008, 2008, PP. 672 – 677.

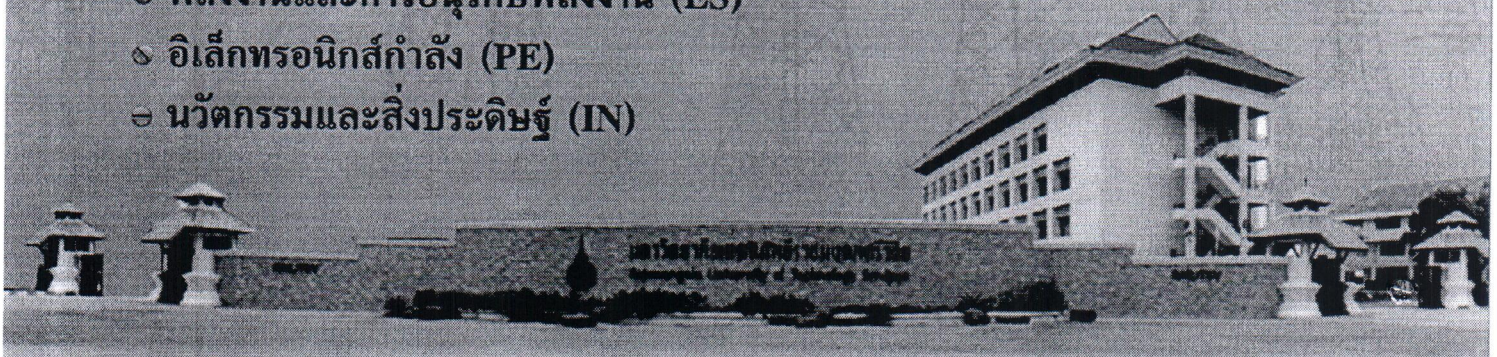
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๖

6th Electrical Engineering Network 2014
of Rajamangala University of Technology Conference

นวัตกรรมวิจัยแห่งเทคโนโลยี ตอบสนองเออีซีด้านโครงข่ายพลังงาน
Technology Research Innovation for Responding to the Energy Network of AEC

Volume I

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (ES)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (IN)



๒๖ - ๒๘ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๗
ณ มารีไทม์ ปาร์คแอนสปารีสอร์ท จังหวัดกระบี่

ดำเนินการโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

กำหนดการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

วันพฤหัสบดีที่ 27 มีนาคม 2557

ห้องสัมนา	ธารา	เจ้าฟ้า	เหลืองกระบี่	ศรีบอยา
Session	PW-B	ES-A	IN-A	GN-A
08.00-10.00 น.	PW08-PW15	ES01-ES08	IN01-IN08	GN01-GN08
ประธาน	อ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ	ผศ.ทง ถานธารทอง	อ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ	ผศ.ศรีศักดิ์ น้อยไร่ภูมิ
รองประธาน	อ.ดร.แสนศักดิ์ ดีอ่อน	อ.รัฐพงษ์ ขำไชโย	อ.กิตติพงศ์ ศรีอาหมัด	อ.พิษณุ ศรีธงชัย
10.00-10.15 น.	**พักรับประทานอาหารว่าง**			
ห้องสัมนา	ธารา	เจ้าฟ้า	เหลืองกระบี่	ศรีบอยา
Session	PW-C	ES-B	IN-B	GN-B
10.15-12.15 น.	PW16-PW23	ES09-ES16	IN09-IN16	GN09-GN16
ประธาน	อ.ดร.แสนศักดิ์ ดีอ่อน	รศ.ดร.สันติ หวังนิพพานโต	รศ.ดร.เสถียร ธัญญศิริรัตน์	อ.ดร.ดุสิต งามรุ่งโรจน์
รองประธาน	อ.เวทรินทร์ ธัญสิประเสริฐ	อ.สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์	อ.จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล	อ.สมเกียรติ ทองแก้ว
12.15-13.00 น.	**พักรับประทานอาหารเที่ยง**			
ห้องสัมนา	ธารา	เจ้าฟ้า	เหลืองกระบี่	ศรีบอยา
Session	CM-B	PW-D	EL-B	CP-B
13.00-14.45 น.	CM08-CM14	PW24-PW30	EL08-EL14	CP08-CP14
ประธาน	ผศ.วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ	ผศ.ดร.ชาญชัย เดชธรรมรงค์	รศ.ดร.โกศล โอฬารไพโรจน์	ผศ.สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์
รองประธาน	อ.ดิสพล ฉิ่นฉียวกุล	อ.โสภา แซ่เฮ้ง	อ.เจษฎาพร สถานทรัพย์	อ.ปกรณ์ ทู้ไพเราะ
14.45-15.00 น.	**พักรับประทานอาหารว่าง**			
ห้องสัมนา	ธารา	เจ้าฟ้า	เหลืองกระบี่	ศรีบอยา
Session	CP-C	PW-E	EL-C	GN-C
15.00-17.00 น.	CP15-CP22	PW31-PW37	EL15-EL22	GN17-GN24
ประธาน	ผศ.ดร.อรรถพล ป้อมสถิตย์	อ.โสภา แซ่เฮ้ง	อ.ดร.มนตรี สมคุลยกนก	อ.อดิศักดิ์ แข็งสาริกิจ
รองประธาน	อ.ดร.ยุพดี หัตถสิน	อ.ดร.วิวัฒน์ ทิพจร	อ.ดร.ชวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล	อ.ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์

บทความสาขาไฟฟ้ากำลัง (PW) หน้า

PW-B

PW09 การวิเคราะห์ผลการออกแบบหม้อแปลงเทสล่า ที่ใช้การสวิตช์แบบอิเล็กทรอนิกส์แทนสปาร์คแกป โดยการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 33
สุพจน์ วรธิพรหมมา บุญยัง ปลั่งกลาง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

PW10 การลดปริมาณแบคทีเรียด้วยโอโซนจากปรากฏการณ์โคโรนา 37
ขวัญใจ นาชัยภูมิ ศักดิ์ระวี ระวีกุล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

PW11 ชุดทดลองแรงดันตกชั่วขณะที่ทำงานสองหน้าที่ 41
[1]พินิต แสงวัฒนะ [1]โกศล โอฬารไพโรจน์ [1]วรจักร์ เมืองใจ [1]วิชาญ ขันที [2]ธนิต บุญใส
[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[2]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

PW12 อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ 45
วิวัฒน์ ทิพจร ธีระวัฒน์ ผุสดี กมลชัย กี้ธนสมบัติ ชนกานต์ อินทร์ขา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

PW13 เครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบแรงดันไฟฟ้าสูง ความถี่สูง กำลังไฟฟ้าต่ำ โดยใช้พลังงานลม เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า 49
[1]ประสพโชค โห้ทองคำ [2]สุดาพร อร่ามรุ่ง [1]สิทธิ์ชัย บุญปิยทัศน์ [1]ณรงค์ชัย ทศพร
[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
[2]มหาวิทยาลัยสยาม

PW14 การวิเคราะห์ผลของคาปาซิแตนซ์แฝงที่มีผลต่อหม้อแปลงทดสอบแรงดันสูงและความถี่สูง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและข้อกำหนดในการออกแบบ 53
พลากร พรหมเมศร์
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

PW15 การจำลองการทำงานของรีเลย์ระยะทางแบบโม สำหรับการป้องกันสายส่งไฟฟ้ากำลัง 57
พิชัย อยู่เปล่า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

PW-C

PW16 คุณลักษณะแรงดันและกระแสของกับดักเสิร์จชนิดเมทัลออกไซด์โดยกล้องภาพถ่ายความร้อน 61
วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ จาตุรงค์ ภิระบรรณ์ เทอดกิต คงคา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา