



INDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิชาการ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2561



Industrial Technology Journal
Surindra Rajabhat University

ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ISSN 2586-9353



industrial-journal.srru.ac.th

**คณะกรรมการและกองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์**

เจ้าของ	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ที่ปรึกษา	คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม รองคณบดีฝ่ายวิชาการ รองคณบดีฝ่ายบริหาร รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา

กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก Peer Review)

รศ. ดร. วิชัย	แหวนเพชร	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รศ. ดร. ดำรงค์ฤทธิ์	วิบูลกิจธนากร	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
รศ. ดร. วรทัย	ธรรมกิตติภาพ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน
รศ. ดร. กรินทร์	กาญจนานนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
รศ. ดร. วิทยา	วิภาวิวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ. ดร. วัลลภ	จันทร์ตระกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ. ประยงค์	ฐิตินานนท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
รศ. สมศิริ	อรุณทัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ผศ. ดร. สมพงษ์	ธงไชย	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ. ดร. วงกต	ศรีอุไร	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ. ดร. จรรย์	แสนราช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ. วศิน	เนียมหอม	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ดร. ณัฏฐ์	ดิษเจริญ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน)

รศ. บัญชา	ชื่นจิต	นาย มานะชัย	จันทอก
รศ. ดร. ชูชาติ	พยอม	นางสาว นงนภัส	สายแสง
ผศ. ดร. สาคร	พัพันธ์	นาย อนุวัฒน์	เปพาทย์
ผศ. ดร. นิคม	ลนขุนทด	นาย โปเสก	ภาณุรัตน์
ผศ. อัศวิน	สืบการณ	นางสาว สุนทราภรณ์	เนินแก้ว
ผศ. สมบัติ	สมัครสมาน	นางสาว แสงเดือน	ธรรมวัตร
ผศ. สมใจ	อินทนนท์	นางสาว กนิษฐา	ชิมทอง
ผศ. ยุพดี	สินมาก	นาง วรดา	เผ่าศิริ

กองจัดการ

วัตถุประสงค์ : เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานทางวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์ วิศวกรรมศาสตร์ และนวัตกรรมสาขาวิชาเทคโนโลยี และสหวิทยาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กำหนดออกวารสาร : ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – เมษายน ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม และฉบับที่ 3 ระหว่างเดือนกันยายน – ธันวาคม

เว็บไซต์วารสาร : industrial-journal.srru.ac.th

ผู้ดูแลเว็บไซต์ : นายวีระนันต์ วิบูลย์อรรถ

ออกแบบปก : นายอภิรักษ์ทิพย์ โจมสติ, นายอนุวัฒน์ เปพาทย์

สารจากอธิการบดี

การเผยแพร่ผลงานวิจัยหรือผลงานวิชาการ มีความสำคัญยิ่งต่อการนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยมาเผยแพร่สู่สังคม เกิดคุณค่าและการถ่ายทอดไปยังผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหรือผู้ใช้ประโยชน์นำไปใช้ได้จริง ในฐานะที่เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น และด้วยความเป็นสากลของกระบวนการแสวงหาความรู้ของกระบวนการวิจัย ทำให้มหาวิทยาลัยมีการบูรณาการปัจจัยและกระบวนการทั้งหมด บทความทางวิชาการและบทความวิจัยที่ปรากฏในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมนี้ ได้เผยแพร่ความรู้ความคิด และผลงานการวิจัยให้แก่ผู้สนใจ และบุคคลทั่วไปได้รับทราบ

ขอขอบคุณ คณะกรรมการพิจารณาบทความ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญ (Peer review)ทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการพิจารณาบทความในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (มกราคม - เมษายน พ.ศ. 2561) เล่มนี้ ขอขอบคุณกองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการเสนอแนะเพื่อการพัฒนาปรับปรุงวารสาร พร้อมทั้งช่วยประสานงานและอำนวยความสะดวกแก่นักวิจัยในการทำผลงานด้านวิชาการที่มีคุณภาพเผยแพร่แก่ผู้อ่านวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมฉบับนี้



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กนก ไตสุรัตน์)
ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สารจากคณบดี

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ประกอบด้วย 4 หลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์และเทคโนโลยี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเครื่องกล สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสถาปัตยกรรม หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า และหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี ด้วยปรัชญาที่มุ่งเน้นการผลิตและพัฒนาบัณฑิตให้มีความรู้ คู่คุณธรรม เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยให้ความสำคัญยิ่งกับัณฑิตทั้งด้านการเรียนการสอนการฝึกทักษะปฏิบัติและสหกิจศึกษา ด้วยถือว่าบัณฑิตคือหัวใจที่สำคัญของคณะและมหาวิทยาลัย ตลอดจนเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ฉบับนี้ เป็นปีที่ 3 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม – เมษายน 2561 ได้ดำเนินงานโดยมีวัตถุประสงค์ให้มีการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ ผลงานวิจัย หรืองานสร้างสรรค์ของอาจารย์ และนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ในสถาบันทางการศึกษา และหน่วยงานอื่นสู่สาธารณชน รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสร้างความตระหนักให้เห็นความสำคัญในการผลิตและเผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานวิชาการ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมหลากหลายทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการทางด้านอุตสาหกรรม เพื่อเป็นแหล่งในการนำเสนอแนวความคิดและผลงานทางวิชาการ



(รองศาสตราจารย์บัญชา ชื่นจิต)
คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

สารบัญ

สารจากอธิการบดี

สารจากคณบดี

บทความวิจัย

หน้า

การผลิตอิฐบล็อกประสานจากเถ้าแกลบผสมปูนซีเมนต์
กิตติชาติ เฝ่าพงษ์ไพบูลย์ และอิสราภาพ เอ็นดู 1

การศึกษาทฤษฎีและเทคนิคการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลอินเวอร์เตอร์
เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ
ทรงยศ หวังชอบ 7

การพัฒนาแบบฝึกทักษะ รายวิชางานช่างพื้นฐานเรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้า
กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ
ทิวาภรณ์ กรมภักดี, ดุรงค์ฤทธิ์ เอกวงษา และ พงศ์ปณต พลแดง 19

การขุดเขยกกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟด้วยเอสวีซีเพื่อรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า
บุญยัง สิ่งเจริญ, สันติ สาแก้ว และวันทนา สุขมณี 32

การสร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระด้าง
ภาคภูมิ ใจชมพู, ไกรลาศ ดอนชัย, มนตรี แก้วอยู่, ธีระยุทธ ขอดแก้ว และพินิจ บุญเยี่ยม 46

สื่อการสอนมัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม
เรื่อง การใช้โปรแกรม 3Ds Max ในการออกแบบผลิตภัณฑ์
อภิรักษ์ชัย ใจมสดี, ญัฐภูมิ พากเพียร, อมรเทพ เครือศรี และพิพัฒน์ คำแพง 60

สารบัญ

	หน้า
บทความวิจัย	
การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงาน อัษฎา วรรณกายนต์ , กิตติชัย บุญรอด , จิรวัดน์ มั่นหมาย , ณัฐพงษ์ เทียมทอง , พันจำเอนนันทปวิธ ศรีชนะ , อธิวิทย์ ลาภมาก , พิเชษฐ เอื้อเฟื้อกลาง , พินิจ จับใจเหมาะ , พันจำโทสิทธิพงษ์ ดอกพอง และนายโสภี แฉล้มชาติ	71
บทความวิชาการ	
การพัฒนาและแก้ไขปัญหาลิทธิภัณฑ์ “จากแนวคิดการออกแบบสู่การปฏิบัติ” บัญชา ชื่นจิต	87
บทบาทของวิศวกรสิ่งแวดล้อม ผู้ช่วยศาสตราจารย์อศวิน สีนุการณ์	95

การผลิตอิฐบล็อกประสานจากเถ้าแกลบผสมปูนซีเมนต์ The production for interlocking block from rice husk ash blended cement

กิตติชาติ เผ่าพงษ์ไพบูลย์^{1*} และอิสราภาพ เอ็นดู^{2*}

^{1*,2*} สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าแกลบมาใช้แทนที่ดินลูกรังบางส่วนเพื่อผลิตอิฐบล็อกประสานและนำมาทดสอบสมบัติทางกลเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1 : 6 โดยน้ำหนัก จากนั้นแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก บ่มอิฐบล็อกประสานเป็นระยะเวลา 7 วัน แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน จากผลการทดสอบพบว่ากำลังรับแรงอัดและน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานจะมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนเถ้าแกลบในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบทุกอัตราส่วนผสมที่ผลิตขึ้นนี้มีค่ากำลังรับแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

คำสำคัญ : อิฐบล็อกประสาน, เถ้าแกลบ, กำลังรับแรงอัด

Abstract

This research studied about the possibility of producing interlocking blocks by partially replacing the lateritic soil content by rice husk ash. The mechanical properties of the interlocking blocks achieved were compared with the community product standards 602/2547. The cement to lateritic soil ratio of 1: 6 by weight was used in this study. In addition, the lateritic soil was replaced by rice husk ash at levels of 0, 10, 20 and 30 by weight. The compressive strength and unit weight were tested after curing at 7 days. The results indicated that, the strength and unit weight of the interlocking blocks were decreased with increased of the amount of rice husk ash. However, the compressive strength values of interlocking blocks attained were certified by the community product standards as non-load bearing type.

Keywords : Interlocking block, Rice husk ash, Compressive strength

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยจังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างที่มีผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญและเป็นผลผลิตหลัก คือ ข้าว ซึ่งปริมาณผลผลิตที่ได้จะถูกป้อนเข้าโรงสีข้าวภายในจังหวัด และได้แกลบซึ่งเป็นเศษวัสดุจากการสีข้าวออกมาจำนวนมาก



เถ้าแกลบเป็นวัสดุผลพลอยได้จากโรงไฟฟ้าที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง โดยเกิดจากเกษตรกรหรือผู้ประกอบการนำแกลบไปขายให้กับโรงไฟฟ้าเพื่อที่จะเผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเถ้าแกลบนี้เป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้และเมื่อนำไปทิ้งจะส่งผลทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการกำจัดทิ้งตามมา จำเป็นต้องได้รับการกำจัดอย่างเหมาะสม ไมเช่นนั้นอาจเกิดผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ได้ ทำให้นักวิจัยหาแนวทางในการนำเถ้าแกลบมาใช้ประโยชน์ เช่น นำไปใช้ในการปรับปรุงดินให้มีความเป็นกรดลดลง เพิ่มความร่วนซุย เพิ่มแร่ธาตุ หรือนำเถ้าแกลบมาผสมในคอนกรีตโดยนำมาบดให้ละเอียดแล้วแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเนื่องจากเถ้าแกลบมีซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลัก หากผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำ จะทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานและให้ความแข็งแรง และช่วยต้านทานการแทรกซึมของซัลเฟตได้ดีขึ้น (Chindaprasit P, Kanchanda P, Sathonsaowaphak A. & Cao H. 2007)

อิฐบล็อกประสานเป็นวัสดุก่อสร้างอย่างหนึ่งที่มีความนิยมนำมาใช้กัน เนื่องจากมีความสวยงามและในอิฐบล็อกประสานมีรูช่องและเดือยทำให้เกิดระบบที่ล็อกกันในตัวอิฐบล็อกประสาน ทำให้ง่ายในการติดตั้ง อิฐบล็อกประสานผลิตได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นๆ เช่น หินฝุ่น หินทราย ผสมให้เข้ากัน เทลงในเครื่องอัด จากนั้นอัดให้เป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว จะได้บล็อกประสานที่มีความแข็งแรง สามารถนำมาใช้ในงานก่อสร้างอาคาร เช่น ใ้ก่อผนัง ใ้ก่อกำแพง หรืองานก่อในรูปแบบอื่นๆ (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ .2547)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้า จังหวัดสุรินทร์ มาเป็นวัสดุผสมเพื่อผลิตบล็อกประสาน โดยนำเถ้าแกลบมาแทนที่ดินบางส่วน และนำมาทดสอบกำลังเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน เพื่อลดต้นทุนของการผลิตอิฐบล็อกประสานและเพิ่มมูลค่าให้กับเถ้าแกลบ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบมาแทนที่ดินลูกรังบางส่วนเพื่อผลิตบล็อกประสาน แล้วนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 แหล่งที่มาของเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้า ที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมของการผลิตอิฐบล็อกประสาน คือ บริษัทมุ่งเจริญกรีนเพาเวอร์จำกัด ตำบลบุภาชี อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ และใช้ดินลูกรังจากอำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ

3.2 อิฐบล็อกประสานที่ใช้ในการวิจัยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:6 จากนั้นแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, และ 30 โดยน้ำหนัก

3.3 ทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

4.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

4.1.2 แก้วแกลบจากโรงไฟฟ้า บริษัททุ่งเจริญกรีนเพาเวอร์จำกัด ตำบลบุฤาษี

อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ นำมาร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังแสดงในภาพที่ 1

4.1.3 ดินลูกรังจากอำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ นำมาร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4

4.1.4 น้ำประปาจากจังหวัดสุรินทร์



ภาพที่ 1 แก้วแกลบ

4.2 อัตราส่วนผสม ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:6 จากนั้นแทนที่ดินลูกรังด้วยแก้วแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, และ 30 โดยน้ำหนัก ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)

ส่วนผสม	อัตราส่วนร้อยละ การแทนที่	อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)		
		ปูนซีเมนต์	ดินลูกรัง	แก้วแกลบ
CSR00	0	1	6.0	0
CSR10	10	1	5.4	0.6
CSR20	20	1	4.8	1.2
CSR30	30	1	4.2	1.8

หมายเหตุ CSR00 คืออิฐบล็อกประสานที่ไม่มีการแทนที่ดินลูกรังด้วยแก้วแกลบ

CSR10, CSR20 และ CSR30 คืออิฐบล็อกประสานที่มีการแทนที่ดินลูกรังด้วยแก้วแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับ

4.3 การผลิตอิฐบล็อกประสานผสมแก้วแกลบ โดยจะผสมปูนซีเมนต์ ดินลูกรัง และแก้วแกลบตามอัตราส่วนผสมในตารางที่ 1 โดยจะใช้ปริมาณน้ำมากขึ้นตามปริมาณของแก้วแกลบที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อรักษาความชื้นของดินลูกรังให้เท่ากันทุกๆส่วนผสม เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีจากนั้นจะนำวัสดุส่วนผสมลงในเครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน ดังแสดงในภาพที่ 2 เมื่ออัดอิฐบล็อกประสานเสร็จ



แล้ว นำอิฐบล็อกประสานมาตากเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำอิฐบล็อกประสานไปรดน้ำและทำการบ่มโดยใช้พลาสติกคลุมจนอายุครบ 7 วัน ดังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน

4.4 การทดสอบหาน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสาน

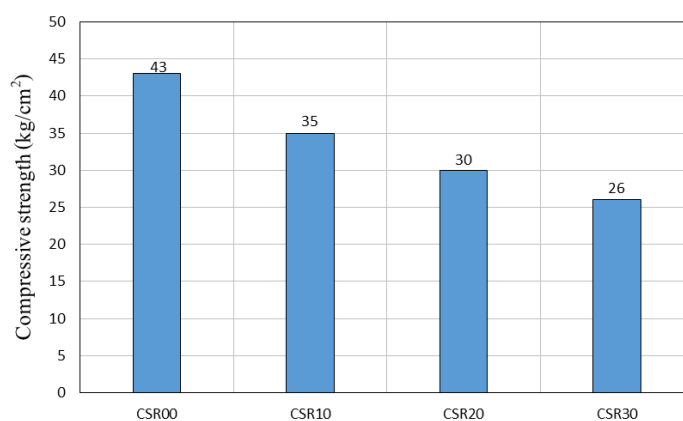
ทำการทดสอบอิฐบล็อกประสานที่อายุ 7 วัน นำอิฐบล็อกประสานมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก แล้วทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานตามมาตรฐาน ASTM C109 (American Society for Testing and Materials . 2008) ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้ากลบ

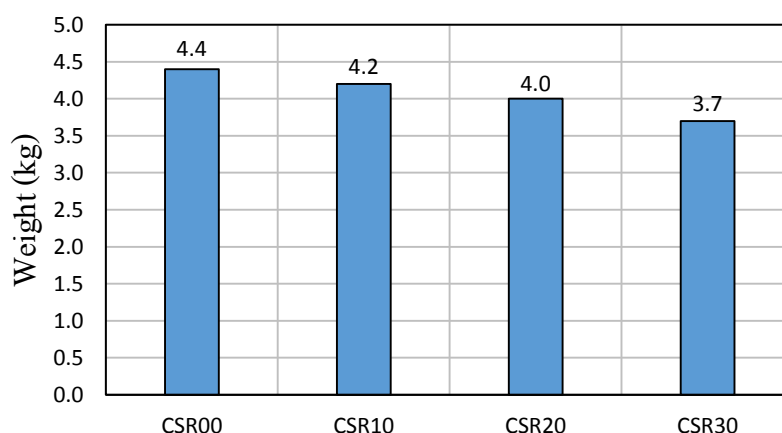
5. ผลการวิจัย

5.1 กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบ ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานดังแสดงไว้ในภาพที่ 4 พบว่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่ไม่มีการแทนที่ดินลูกรังด้วยแกลบ (CSR00) มีค่าเท่ากับ 43 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ส่งผลทำให้กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงเป็น 35, 30 และ 26 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 81, 70 และ 60 ของอิฐบล็อกประสานที่ไม่มีการแทนที่ดินลูกรังด้วยแกลบ ตามลำดับ จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าการแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าแกลบเพิ่มมากขึ้นจะทำให้กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณของเถ้าแกลบที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547 จะพบว่าอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบทุกอัตราส่วนผสมมีกำลังรับแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบ

5.2 น้ำหนักของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบ ผลการทดสอบน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานดังแสดงไว้ในภาพที่ 5 พบว่าอิฐบล็อกประสานที่ไม่มีการแทนที่ดินลูกรังด้วยแกลบ (CSR00) มีค่าเท่ากับ 4.4 กิโลกรัม แต่เมื่อแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ส่งผลทำให้น้ำหนักมีค่าลดลงเป็น 4.2, 4.0 และ 3.7 กิโลกรัม ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 95, 91 และ 84 ของอิฐบล็อกประสานที่ไม่มีการแทนที่ดินลูกรังด้วยแกลบ ตามลำดับ จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าการแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าแกลบเพิ่มมากขึ้นจะทำให้น้ำหนักของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณของเถ้าแกลบที่เพิ่มมากขึ้น และเมื่อนำอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบไปใช้ในงานก่อสร้างจะทำให้ผนังของอิฐบล็อกประสานมีน้ำหนักลดลง ส่งผลทำให้น้ำหนักของโครงสร้างลดลง ดังในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 น้ำหนักของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบ

6. สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดและน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบ โดยแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก จะพบว่า

6.1 การนำเถ้าแกลบมาแทนที่ดินลูกรังบางส่วน สามารถผลิตเป็นอิฐบล็อกประสาน และนำไปใช้งานได้

6.2 การแทนที่ดินลูกรังด้วยเถ้าแกลบ จะทำให้อิฐบล็อกประสานมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงตามปริมาณของเถ้าแกลบที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 602/2547 จะพบว่าอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าแกลบทุกอัตราส่วนผสมมีกำลังรับแรงอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก

6.3 การเพิ่มปริมาณของเถ้าแกลบโดยการแทนที่ดินลูกรังเพิ่มขึ้น จะทำให้น้ำหนักของอิฐบล็อกประสานมีค่าลดลง

7. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ (2547). มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน. มผช.602/2547

Chindaprasirt P., Kanchanda P., Sathonsaowaphak A. & Cao H. (2007). Sulfate resistance of blended cements containing fly ash and rice husk ash. *Construction and Building Materials*, 21, 1356-1361

American Society for Testing and Materials . (2008).Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens). ASTM C109. Annual Book of ASTM Standard.

การศึกษาทฤษฎีและเทคนิคการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลอินเวอร์เตอร์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

A study of the theory and Techniques of increase power to the inverter modules to be applied in induction heating Applications.

ทรงยศ หวังชอบ^{1*}

^{1*}สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
0911424093 s.wungchop@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาทฤษฎีและเทคนิคการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ร่วมกับทฤษฎีวงจรเรโซแนนซ์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำโดยจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice ในการจำลองได้นำโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส 2 ชุดที่เหมือนกันมาต่อกันโดยทำการขนานด้านอินพุตและด้านเอาต์พุต เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตสำหรับใช้ในงานให้ความร้อนเหนี่ยวนำที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูง เทคนิคนี้ใช้เพื่อเป็นหลักการในการแก้ปัญหาขีดจำกัดการทนกระแสของอุปกรณ์สวิตช์ที่กำลังไฟฟ้าสูงและในการป้องกันกระแสเกินสามารถทำได้ดีกว่าการขนานอุปกรณ์สวิตช์โดยตรง ลดการออกแบบสามารถนำไปใช้งานกับโหลดและแหล่งจ่ายได้หลายรูปแบบ ผลจากการจำลองด้วยโปรแกรม PSpice เทคนิคนี้ช่วยให้สามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุต และช่วยลดการแบ่งจ่ายกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าของแต่ละโมดูลสอดคล้องกับการจำลองการทำงาน

คำสำคัญ : เรโซแนนซ์, โมดูลอินเวอร์เตอร์, ความร้อนเหนี่ยวนำ

Abstract

This paper presents Theory and Techniques for Increase Power of an inverter system for induction heating applications together with the resonance circuit theory by simulating the PSpice program. Its benefits are due to a modular form of connections that can be expanded to accommodate for different load requirement. The output Power can also be increased for the applications that require high-Power operation. This work is an attempt to solve limitation of the power switches in high power application that may be difficult to achieve through single switching module. In this work, two sets of identical 1kW inverter module are connected in parallel on both the input and output sides. The simulation results show the output power has been doubled to meet the specific power requirement at the load.

Keyword : inverter, resonance, induction heating



1. บทนำ

ในปัจจุบันหลักการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่อาศัยหลักการการทำงานของอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเช่น งานหลอมโลหะ งานเชื่อมประสาน งานชุบแข็ง งานทุบขึ้นรูปโลหะ งานหม้อหุงต้ม โดยความถี่ที่ใช้สามารถปรับให้เหมาะสมกับชนิดของงาน ขนาดของชิ้นงาน โดยในรายวิชาวงจรไฟฟ้าจะมีเรื่องทฤษฎีวงจรเรโซแนนซ์ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ หลักการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำเป็นวิธีที่อาศัยหลักการทางแม่เหล็กไฟฟ้าคือเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าสลับให้กับขดลวดเหนี่ยวนำจะเกิดฟลักซ์แม่เหล็กเคลื่อนผ่านชิ้นงานทำให้เกิดกระแสไหลวนขึ้นที่ชิ้นงานทำให้ชิ้นงานเกิดความร้อน(J.Davies and P.Simpson. 1979)

สำหรับงานหลอมโลหะจะต้องให้ความร้อนสูงเพื่อโลหะหลอมละลายดังนั้นจึงต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูงซึ่งจำเป็นต้องใช้อินเวอร์เตอร์ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นไปด้วย เมื่อการใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงโหลดหรือประเภทของงาน ที่จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าสูงขึ้น ทำให้ต้องออกแบบชุดอินเวอร์เตอร์ใหม่เนื่องจากขีดจำกัดของอุปกรณ์สวิตช์ (IGBT, MOSFET, SCR, Transistor) และเมื่อกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสูงกว่าขีดจำกัดของอุปกรณ์สวิตช์ที่จัดหาได้ จำเป็นต้องนำอุปกรณ์สวิตช์หรือโมดูลอินเวอร์เตอร์มาประยุกต์หรือหาเทคนิคเพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้า

บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาทฤษฎีและเทคนิคการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ร่วมกับทฤษฎีวงจรเรโซแนนซ์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำโดยจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice ในการจำลองได้นำโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส 2 ชุด ที่เหมือนกันมาต่อกันโดยทำการขนานด้านอินพุตและด้านเอาต์พุต เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตสำหรับใช้ในงานให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูง ทฤษฎีและเทคนิคนี้ใช้เพื่อเป็นหลักการในการแก้ปัญหาขีดจำกัดการทนกระแสของอุปกรณ์สวิตช์ที่จ่ายกำลังไฟฟ้าสูง และในการป้องกันกระแสเกินสามารถทำได้ดีกว่าการขนานอุปกรณ์สวิตช์โดยตรง อีกทั้งยังช่วยลดการออกแบบสามารถนำไปใช้งานร่วมกับโหลดและแหล่งจ่ายได้หลายรูปแบบ ทำให้มีประโยชน์ในทางวิศวกรรมและธุรกรรมในด้านการออกแบบ การนำไปใช้งาน ยังช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีและเทคนิคการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ร่วมกับทฤษฎีวงจรเรโซแนนซ์

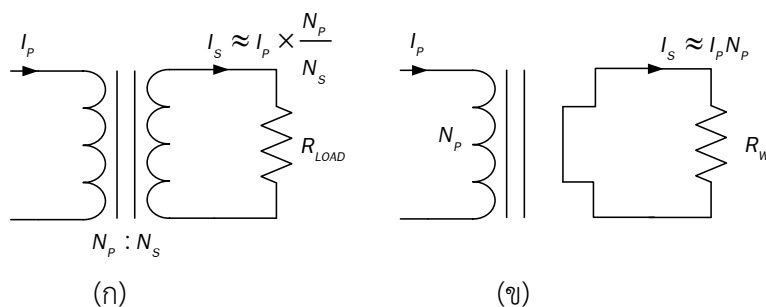
2.2 เพื่อนำทฤษฎีและเทคนิคการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ไปประยุกต์ใช้ในงานให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

3. วิธีดำเนินการ

ในการศึกษาทฤษฎีและเทคนิคการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ร่วมกับทฤษฎีวงจรเรโซแนนซ์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำนั้นได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบโมดูลอินเวอร์เตอร์อนุกรมเรโซแนนซ์ 1 เฟสโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 หลักการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำเบื้องต้น หลักการพื้นฐานของการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำสามารถอธิบายให้เห็นได้ชัดเจนโดยเปรียบเทียบกับหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังภาพที่: 1 (ก) ซึ่งประกอบไปด้วยขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (Primary and Secondary Winding) โดยขดเหนี่ยวนำเปรียบเสมือนขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงและชิ้นงานก็เปรียบเสมือนขดลวดทุติยภูมิจำนวน 1 รอบที่ลัดวงจรไว้ โดย เป็นกระแสที่จ่ายให้กับ ขดเหนี่ยวนำ และเป็นกระแสที่ไหลในชิ้นงาน ดังวงจรสมมูลในภาพที่ 1 (ข)



ภาพที่ 1 (ก) วงจรสมมูลอย่างง่ายของหม้อแปลง (ข) วงจรสมมูลของขดเหนี่ยวนำกับชิ้นงาน ดังนั้นกำลังที่ชิ้นงาน (k. Alexander and N.O. Sadiku.2007)

$$P_w = I_s^2 R_w \quad (1)$$

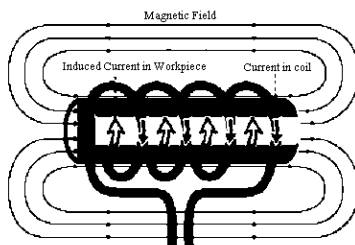
$$\text{แทนค่า } I_s = I_p N_p \quad \text{จะได้} \quad P_w = I_p^2 N_p^2 R_w$$

โดย

P_w คือ กำลังที่ชิ้นงาน (W)

R_w คือ ความต้านทานสมมูลของชิ้นงาน (Ω)

ลักษณะโครงสร้างอย่างง่ายของระบบการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำได้แสดงไว้ดังภาพที่ 2 เมื่อขดเหนี่ยวนำได้รับกระแสไฟสลับจะทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กสลับคล่องผ่านชิ้นงานทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดกระแสไหลวนในชิ้นงานทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ชิ้นงานได้ และเนื่องจากกระแสที่ป้อนให้กับขดเหนี่ยวนำมักจะมีปริมาณที่สูงมาก จึงต้องมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำภายในขดเหนี่ยวนำเพื่อลดกำลังสูญเสียที่ขดเหนี่ยวนำ



ภาพที่ 2 โครงสร้างอย่างง่ายของการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ ที่มา : (J. Davies and P.Simpson. 1979)



ในหลักการดังกล่าวกระแสไหลวนจะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่บริเวณผิวของชิ้นงาน เนื่องจากผลของปรากฏการณ์พื้นผิว (Skin Effect) และความหนาแน่นของกระแสลดลงมาเป็นประมาณ 0.368 เท่าของค่าความหนาแน่นกระแสที่ผิวของชิ้นงานที่ค่าความลึกผิว (Skin Depth) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 (J.Davies and P.Simpson. 1979)

$$\text{Skin depth, } \delta = \sqrt{\frac{\rho}{\mu f \pi}} \quad (2)$$

โดย

δ คือ ความลึกผิว (m)

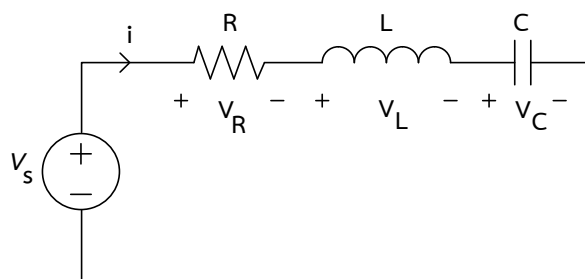
ρ คือ ความต้านทานจำเพาะของชิ้นงาน (Ωm)

μ คือ ความซึมซาบแม่เหล็กของชิ้นงาน (H/m)

f คือ ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟสลับ (Hz)

จากสมการที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าความลึกผิวขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของกระแสไฟสลับที่จ่ายให้ชัดเจนว่า, ค่าความซึมซาบแม่เหล็ก (Permeability), ความต้านทานจำเพาะ (Resistivity) ของชิ้นงาน

3.1.2 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) และตัวเก็บประจุ (Capacitor) ที่ต่ออนุกรมกัน เมื่อทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าและปรับความถี่ของแหล่งจ่ายให้กับวงจร เมื่อความถี่ของแหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับค่าความถี่ธรรมชาติของวงจรก็จะทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ (การทำให้ความถี่ของแหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับค่าความถี่ธรรมชาติของวงจรทำได้โดยการปรับค่า L หรือการปรับค่า C หรือการปรับค่าความถี่ของแหล่งจ่าย) เป็นผลให้ ค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (X_L : Inductive reactance) เท่ากับค่าคาปาซิทีฟรีแอกแตนซ์ (X_C : Capacitive Reactance) $X_L = X_C$ จะทำให้เกิดสถานะเรโซแนนซ์ ขณะที่เกิดเรโซแนนซ์ ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรจะน้อยที่สุดเหลือเท่ากับ R เพียงอย่างเดียว ค่าแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ V_L และค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ V_C จะมีทิศทางตรงกันข้ามกันและหักล้างกันหมด เหลือเฉพาะแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย ดังนั้นค่ากระแสไฟฟ้าขณะเกิดสถานะเรโซแนนซ์จึงมีค่าสูงสุดดังแสดงในภาพที่ 3 และตารางที่ 1 คุณสมบัติของวงจรอนุกรมเรโซแนนซ์

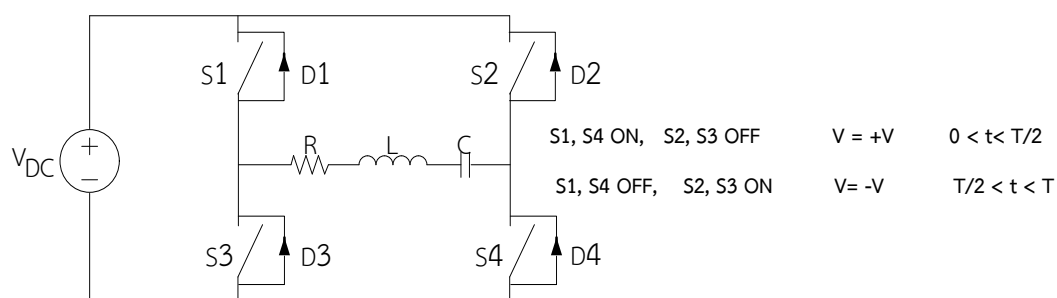


ภาพที่ 3 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวงจรอนุกรมเรโซแนนซ์

คุณสมบัติ	วงจรอนุกรม RLC
ความถี่เรโซแนนซ์ f_r	$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
แรงดันตกคร่อม R	สูงสุดที่ f_r
กระแสที่ไหลผ่าน R	สูงสุดที่ $\frac{V_s}{R}$
ค่า Q (Quality Factor)	$Q = \frac{2\pi f_r L}{R}$
ค่าแบนด์วิดซ์ (BW)	$BW = \frac{f_r}{Q}$
ค่า Impedance ที่จุดต่ำกว่า f_r	Capacitive
ค่า Impedance ที่จุดสูงกว่า f_r	Inductive
ผลกระทบเมื่อเปลี่ยนค่า R	เพิ่มค่า R, ค่า BW เพิ่ม
ผลกระทบเมื่อเปลี่ยนค่า L/C	เพิ่มค่า L/C, ค่า BW ลด

3.1.3 อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบแหล่งจ่ายแรงดันเต็มบริดจ์ ดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วงจรอินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบแหล่งจ่ายกระแสเต็มบริดจ์

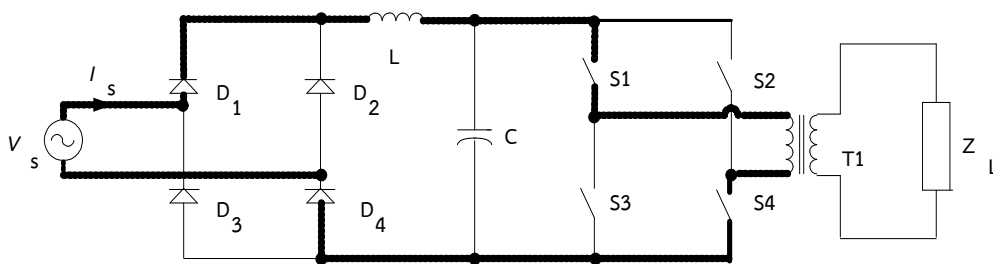
จากภาพที่ 4 อินเวอร์เตอร์เรโซแนนซ์แบบอนุกรมก็คือคอนเวอร์เตอร์ที่แปลงกำลังจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ ซึ่งจะเรียกว่าเป็นวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมเพราะมีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุวางอนุกรมกันกับโหลดความต้านทาน การสวิตช์จะทำให้เกิดแรงดันรูปคลื่นสี่เหลี่ยม โดยที่ตัวเหนี่ยวนำ (L) และตัวเก็บประจุ (C) จะทำให้เกิดความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งจะมีค่าเท่ากับความถี่สวิตช์ซึ่งที่ความถี่เรโซแนนซ์ ค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะหักล้างกันจึงมองเห็น



เป็นโหลดมีค่าเฉพาะความต้านทานเท่านั้น และเพื่อให้เกิดแรงดันพัลส์สลับที่โหลดการทำงานของ สวิตช์จะต้องทำงานในลักษณะคู่ประกอบ

3.2 ออกแบบโมดูลอินเวอร์เตอร์อนุกรมเรโซแนนท์ 1 เฟส

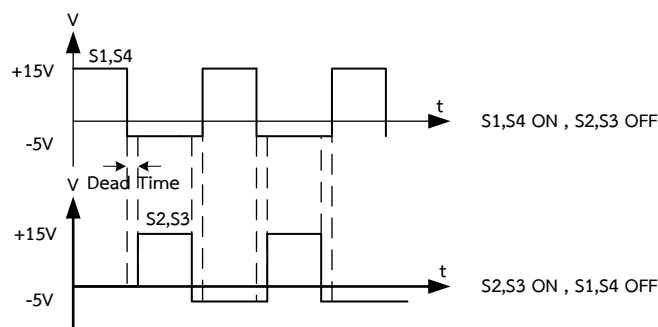
3.2.1 การต่อโมดูลอินเวอร์เตอร์ ดังในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 อินเวอร์เตอร์ 1 โมดูล

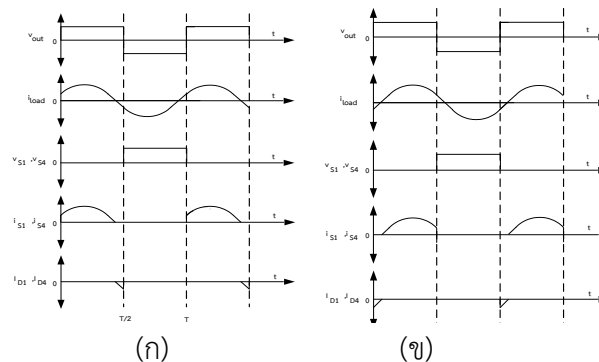
จากภาพที่ 5 วงจร อินเวอร์เตอร์ 1 โมดูลประกอบด้วย ฟูลบริดจ์เรกติไฟเออร์ บัสฟิลเตอร์ ฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ และหม้อแปลงแมตซิ่งเมื่อ V_s คือ แรงดันอินพุตไฟฟ้ากระแสสลับ I_s คือค่า พิกัดกระแสสูงสุดที่โมดูลทนได้และ Z_L คือค่าอิมพีแดนซ์ของโหลดอนุกรมเรโซแนนท์ โดยที่หม้อ แปลงแมตซิ่งทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของโหลดให้เหมาะสมกับอินเวอร์เตอร์ และยังช่วยแยกแหว่ง โหลดกับวงจรกำลังทำให้เกิดความปลอดภัย

3.2.2 สัญญาณขับนำและการทำงานของไอจีบีที การทำงานของไอจีบีทีและสัญญาณขับ นำไอจีบีทีที่ถูกกำหนดให้มีเวลาห่างกันอยู่ประมาณ เพื่อป้องกันกระแสที่ผ่านสวิตช์สูงเกินไปเนื่องจาก การลัดวงจรของอินเวอร์เตอร์ สัญญาณ ขับนำจะมีแรงดันช่วงลบ (-5V) เพื่อช่วยให้ไอจีบีทีหยุดทำงาน เร็วขึ้นและป้องกันการนำกระแสได้เองของไอจีบีทีเนื่องจากสัญญาณรบกวน ดังในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การกำหนดสัญญาณขับนำและการทำงานของไอจีบีที

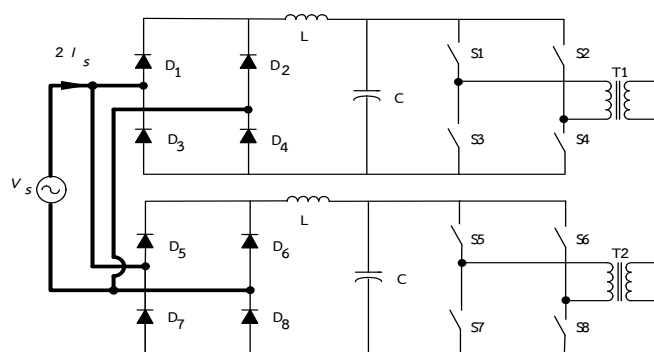
3.2.3 การทำงานของอินเวอร์เตอร์ การทำงานที่ความถี่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนท์จะทำให้ โหลดมีสภาพเป็นคาปาซิทีฟโหลด ดังในภาพที่ 7 (ก) การทำงานที่ความถี่สูงกว่าความถี่ เรโซแนนท์จะทำให้โหลดมีสภาพเป็นอินดักทีฟโหลด ดังในภาพที่ 7 (ข)



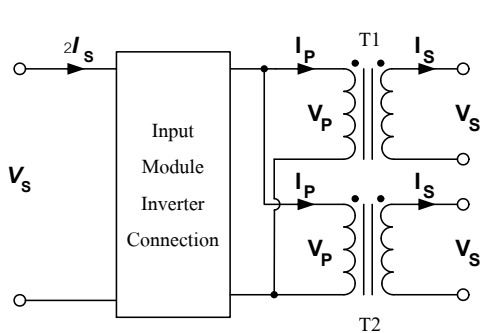
ภาพที่ 7 รูปคลื่นของแรงดันและกระแสที่โหลดและที่อุปกรณ์สวิตช์ที่ความถี่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนท์ และการทำงานที่ความถี่สูงกว่าความถี่เรโซแนนท์ ($\zeta < 1$)

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบการทำงานของอินเวอร์เตอร์ทั้ง 2 แบบ ในกรณีการทำงานของอินเวอร์เตอร์ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนท์จะมีการสูญเสียในช่วงการต่อวงจรของไอจีบีทีเนื่องจากเริ่มต่อวงจรในขณะที่มีกระแสและทำให้เกิดกระแสยอดสูงที่สวิตช์ และในกรณีการทำงานของอินเวอร์เตอร์สูงกว่าความถี่เรโซแนนท์ จะไม่มีการสูญเสียในกรณีที่ไอจีบีทีต่อวงจรเนื่องจากเริ่มต่อวงจรที่กระแสเป็นศูนย์ เมื่อพิจารณาจากการทำงานที่ความถี่ทั้งสองแบบจึงเลือกให้อินเวอร์เตอร์ทำงานที่ความถี่สูงกว่าความถี่เรโซแนนท์เล็กน้อยเพื่อให้กำลังผ่านไปทีโหลดมีค่าสูงและไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์เนื่องจากกระแสยอดสูง

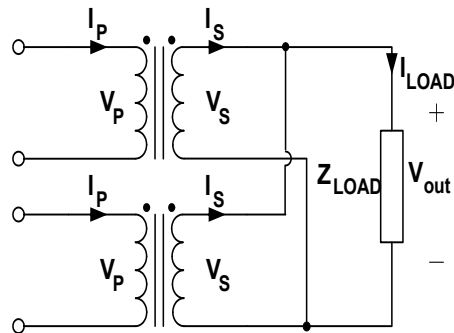
3.2.4 ขนानอินพุทโมดูลอินเวอร์เตอร์และขนานเอาต์พุทโมดูลอินเวอร์เตอร์ วงจรโมดูลอินเวอร์เตอร์ 2 ชุดต่อแบบขนานอินพุท โดยการนำชุดเรกติไฟเออร์ทั้งสองชุดมาต่อขนานกัน ซึ่งสามารถพิจารณาได้เหมือนกับการเอาด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงของโมดูลอินเวอร์เตอร์ต่อขนานกัน ดังในภาพที่ 8 และดังในภาพที่ 9 โดยเมื่อจ่ายแรงดันอินพุทเท่ากับ V_s ก็จะสามารถเพิ่มพิกัดกระแส I_s ได้เท่ากับจำนวนโมดูลอินเวอร์เตอร์ที่มาต่อขนาน



ภาพที่ 8 การต่ออินพุทโมดูลแบบขนาน



ภาพที่ 9 วงจรสมมูลโมดูลแบบขนาน



ภาพที่ 10 การต่อเอาต์พุตโมดูลแบบขนาน

จากภาพที่ 10 แสดงการต่อขนานเอาต์พุต โดยการต่อต้าน ทฤษฎีของหม้อแปลงขนานเข้าด้วยกัน ซึ่งค่าของ จะมีค่าเท่ากับ ทำให้กระแสและกำลังไฟฟ้าที่โหลดคงที่เมื่อค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับ และจะทำให้กระแส ลดลงตามจำนวนของโมดูลดังสมการ 3 การเพิ่มกำลังไฟฟ้าทำได้โดยเปลี่ยนโหลดให้มีค่าอิมพีแดนซ์ ลดลงดังสมการ 4 และ 5 ในสภาวะเรโซแนนซ์ (k. Alexander and N.O. Sadiku 2007)

$$\hat{I}_S = \frac{\hat{I}_{LOAD}}{n} \quad (3)$$

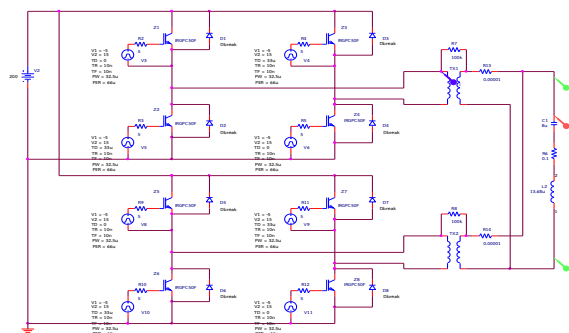
$$Z_{LOAD} = \frac{Z_L}{n} = \frac{(R + jX)}{n} \quad (4)$$

$$P_{LOAD} = \frac{\hat{V}_{out}^2}{2R} = \frac{\hat{V}_{S,1}^2}{2R} = \frac{\hat{I}_{LOAD,1}^2 R}{2} \quad (5)$$

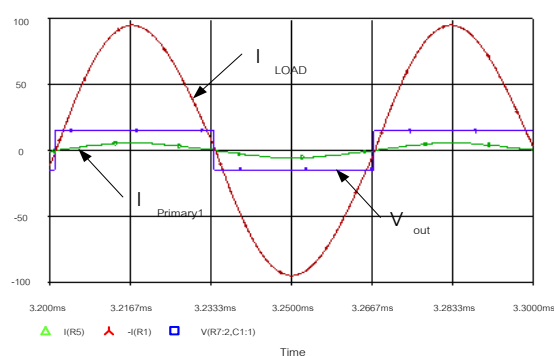
เมื่อ n คือ จำนวนโมดูลที่ต่อขนาน
 $\hat{I}$ คือ ค่ายอดคลื่นของกระแส
 $\hat{V}$ คือ ค่ายอดคลื่นของแรงดัน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการจำลองด้วยโปรแกรม PSpice แสดงการเพิ่มกำลังไฟฟ้าโดยมีลักษณะการต่อโมดูลอินเวอร์เตอร์ 2 ชุดแต่ละชุดมีขนาด 1 kW ต่อขนานอินพุตและเอาต์พุตกับโหลด 2 kW โดยมีหม้อแปลงแมตซ์ซึ่งทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของโหลดให้เหมาะสมกับอินเวอร์เตอร์ และยังช่วยแยกระหว่างโหลดกับวงจรกำลังทำให้เกิดความปลอดภัย ในการต่อต้านอินพุตของโมดูลโดยการต่อเรกติไฟเออร์ในรูปแบบขนานสามารถมองได้เหมือนกับเอาต์พุตของหม้อแปลงมาต่อแบบขนาน ส่วนด้านเอาต์พุตของโมดูลสามารถต่อโดยการนำด้านทฤษฎีของหม้อแปลงต่อขนานกัน โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่โหลด $R = 0.2 \, \Omega$ $L = 7.81 \, \mu H$ และ $C = 10 \, \mu F$ ทำงานที่ความถี่ประมาณ 18 kHz ดังในภาพที่ 11 – 13 และดังในตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า parameter ระหว่างโมดูลอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 kW 1 ชุด กับโหลดและโมดูลอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 kW 2 ชุด กับโหลด

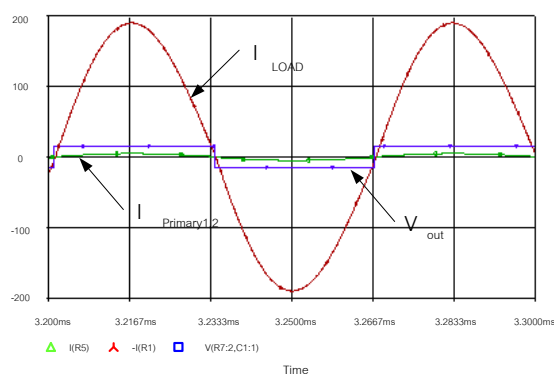


ภาพที่ 11 การจำลองการต่อโมดูลอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 12 ผลการจำลองโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 ชุดต่อกับโหลด 1 kW

จากภาพที่ 12 ผลจากการจำลอง โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่โหลด $R = 0.2 \, \Omega$, $L = 7.81 \, \mu\text{H}$ และ $C = 10 \, \mu\text{F}$ ทำงานที่ความถี่ประมาณ 19 kHz ผลจากการจำลอง $V_{\text{OUT}} = 18.4\text{V}$, $I_{\text{PRIMARY}} = 6.3 \, \text{A}$, $I_{\text{LOAD}} = 92 \, \text{A}$



ภาพที่ 13 ผลการจำลองโมดูลอินเวอร์เตอร์ 2 ชุดต่อกับโหลด 2 kW

จากภาพที่ 13 กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่โหลด $R = 0.1 \, \Omega$, $L = 3.9 \, \mu\text{H}$ และ $C = 20 \, \mu\text{F}$ ทำงานที่ความถี่ประมาณ 19 kHz $V_{\text{OUT}} = 18.4\text{V}$, $I_{\text{PRIMARY}} = 6.3 \, \text{A}$, $I_{\text{LOAD}} = 187 \, \text{A}$ ผลจากการจำลองเมื่อนำโมดูลอินเวอร์เตอร์ 2 ชุด มาต่อขนานกันกระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ (I_{PRIMARY}) ของทั้ง 2 วงจรมีขนาดเท่ากันทำให้สามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตได้เป็น 2 เท่า



ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า parameter ระหว่างโมดูลอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 kW 1 ชุด กับโหลดและโมดูลอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 kW 2 ชุด กับโหลด

ผลการทดลอง	โมดูลอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 kW 1 ชุด กับโหลด 1 kW	โมดูลอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 kW 2 ชุด กับโหลด 2 kW
กำลังไฟฟ้าขาเข้า	1 kW	2 kW
ความถี่การทำงาน	19 kHz	19 kHz
แรงดันด้านออก V_{OUT}	20 V	20 V
กระแสไฟฟ้าที่ด้านปฐมภูมิ $I_{PRIMARY}$	6.3A	6.3A
กระแสไฟฟ้าที่โหลด I_{LOAD}	92 A	187 A
มุมเฟส	10 องศา	10 องศา
กำลังไฟฟ้าด้านออก	846 W	1,748 W
ประสิทธิภาพ	84.60%	87.4%
แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ สลับขาเข้า	200 V	200 V
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ตรงขาเข้า	282.84 V	282.84 V
ตัวประกอบกำลัง	0.83	0.89

จากตารางที่ 2 เมื่อนำผลของการต่อโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 ชุดต่อกับโหลดมาเปรียบเทียบกับโมดูลอินเวอร์เตอร์ 2 ชุดต่อกับโหลด 2 kW ผลที่ได้จากการจำลองปริมาณกระแสด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงมีค่าเท่ากันซึ่งสอดคล้องกับหลักการขนานทางวงจรไฟฟ้าเมื่อมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาดเท่ากัน 2 ชุดมาต่อขนานกันสามารถแบ่งจ่ายกระแสและเพิ่มกำลังไฟฟ้าเป็น 2 เท่าประสิทธิภาพของระบบในการต่อโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 ชุด ต่อกับโหลดมีประสิทธิภาพ 84.6% ส่วนการต่อโมดูลอินเวอร์เตอร์ขนาด 1 kW 2 ชุดกับโหลดมีประสิทธิภาพ 87.4% เมื่อนำมาเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าการต่อโมดูลอินเวอร์เตอร์ 2 ชุดมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากแรงดันตกคร่อมที่ L filter เพราะภายใน L filter มีค่า Resistance ซึ่งทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่ L filter ที่ 1 ชุด มากกว่าเมื่อเทียบกับ 2 ชุด เนื่องจากการต่อเป็นแบบขนานอินพุตทำให้มีการแบ่งจ่ายกระแสของแต่ละโมดูลใกล้เคียงกันจึง

ทำให้กระแสที่ไหลผ่าน L filter ในแต่ละชุดลดลง 2 เท่ามีผลให้แรงดันที่ DC บัสของ 2 ชุด มีการสูญเสียน้อยกว่า 1 ชุด และการสูญเสียของระบบประกอบด้วยแหล่งจ่ายแรงดัน อินเวอร์เตอร์ และ หม้อแปลงความถี่สูงซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบ

สรุปผลการจำลองการทำงานของโมดูลอินเวอร์เตอร์ ขนาด 1 kW 2 ชุดด้วยโปรแกรม PSpice สามารถเพิ่มกำลังและการแบ่งจ่ายกำลังของแต่ละโมดูลได้

5. สรุปและอภิปรายผล

บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาทฤษฎีและเทคนิคการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ร่วมกับทฤษฎีวงจรโซแนนท์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำโดยจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice ในการจำลองได้นำโมดูลอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส 2 ชุด ที่เหมือนกันมาต่อกันโดยทำการขนานด้านอินพุตและด้านเอาต์พุต เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตสำหรับใช้ในงานให้ความร้อนเหนี่ยวนำที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูง เทคนิคนี้ใช้เพื่อเป็นหลักการในการแก้ปัญหาขีดจำกัดการทนกระแสของอุปกรณ์สวิตช์ที่กัลังไฟฟ้าสูงและในการป้องกันกระแสเกินสามารถทำได้ดีกว่าการขนานอุปกรณ์สวิตช์โดยตรง ลดการออกแบบสามารถนำไปใช้งานกับโหลดและแหล่งจ่ายได้หลายรูปแบบ ผลจากการจำลองด้วยโปรแกรม PSpice เทคนิคนี้ช่วยให้สามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุต และช่วยลดการแบ่งจ่ายกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าของแต่ละโมดูลสอดคล้องกับการจำลองการทำงาน ซึ่งทฤษฎีและเทคนิคนี้สามารถนำมาประยุกต์เพื่อพัฒนาโมดูลอินเวอร์เตอร์อินเวอร์เตอร์ในงานให้ความร้อนเหนี่ยวนำสามารถนำไปใช้งานกับโหลดได้หลากหลายรูปแบบขึ้นและทำให้มีประโยชน์ในทางวิศวกรรมและธุรกิจมในด้านารออกแบบ การนำไปใช้งาน

6. ข้อเสนอแนะ

ในการจำลองด้วยโปรแกรม PSpice เมื่อนำโมดูลอินเวอร์เตอร์มาต่อจำนวนมากขึ้นก็จะเกิดปัญหาในการสร้างสัญญาณขับสวิตช์ให้กับไอจีบีทีและการจัดวางอุปกรณ์ จึงทำให้ในการจำลองทำได้เพียงครั้งละ 2 ชุดมาต่อกัน และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของหม้อแปลงให้แต่ละชุด

7. เอกสารอ้างอิง

- J. Davies and P.Simpson.(1979). **Induction Heating Handbook**. UK:Mcgraw – Hill Book.
- k. Alexander and N.O. Sadiku.(2007). **Fundamentals of Electric Circuit**. UK : Mcgraw – Hill Book.



การพัฒนาแบบฝึกทักษะรายวิชางานช่างพื้นฐาน เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้า
กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ
The Development of the Workbook of the electric welding
subject, the basic technician course in the Learning Area of
Occupation and Technology designed for students in grade 11
level in Kantaralukwidthaya School in Nam-om Sub - district,
Kantaraluk District, Srisaket Province.

ทิวาภรณ์ กรมภักดี^{1*}, ดุรงค์ฤทธิ์ เอกลักษณ์^{2*}, พงศ์ปณต พลแดง^{3*}

^{1*} นักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์และเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

^{2*} อาจารย์สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

^{3*} อาจารย์สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์และเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

064-2546-559, e-mail : Durongritt2513@hotmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาแบบฝึกทักษะ รายวิชางานช่างพื้นฐานเรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีรายวิชา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) หาประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 (2) หาค่าดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ และ (3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 47 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบฝึกทักษะ และแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิจัยพบว่า (1) การพัฒนาแบบฝึกทักษะ รายวิชางานช่างพื้นฐาน เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.89/86.30 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.96/85.10 (2) การวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น 0.7404 คิดเป็นร้อยละ 74.04 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น 0.6226 คิดเป็นร้อยละ 62.26 และ (3) การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนจากการใช้แบบฝึกทักษะ รายวิชางานช่างพื้นฐานเรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ โดยใช้ค่าที (t-test) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงาน

เชื่อมไฟฟ้า และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

คำสำคัญ : แบบฝึกทักษะ, งานช่างพื้นฐาน, งานเชื่อมไฟฟ้า

Abstract

This research aims to (1) find out the efficiency of the workbook of the electric welding subject with 80/80 criterion for the students grade 11 (Matthayomsuksa Five) who are studying this subject at Kantaralukwidthaya School in Srisaket Province, (2) find out the proficient index of the said workbook and, (3) compare the achievement of the pre-test with the post-test of the electric welding subject done by the students grade 11 (Matthayomsuksa Five) of Kantaralukwidthaya School in the second semester of the academic year 2015. The samples, the purposive random sampling one, of this study are the 47 students studying in the class 5/11 of Kantaralukwidthaya School in Srisaket Province. The tools used in this research are lesson plans, workbooks, pre-test and post-test

It was found that; (1) The development of the workbook of the electric welding subject in the Learning Area of Occupation and Technology, both units, has the efficiency higher than the set efficiency criterion 80/80. The first unit – the safety in the electric welding - is at 86.89/86.30. The second unit- the electric welding - is at 86.96/85.10, (2) from the analysis of the proficient index of the workbook; the students increase the development in the unit of the safety in the electric welding at 0.7404 which means that the students have a better knowledge of the said subject than before at the percentage of 74.04, and they increase the development in the unit of the electric welding at 0.6226 which means that they have a better knowledge of the said subject than before the percentage of 62.26, (3) the achievement in education of the sample students after learning by using the workbook of the safety in the electric welding, and the workbook of the electric welding is higher at the level of statistic significance .05

Keywords: workbook, basic technician subject, the electric welding

1. บทนำ

การศึกษาเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนามนุษย์ อันเป็นทรัพยากรที่ทรงคุณค่าของสังคมให้ มีคุณภาพและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุขทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามยุคสมัย การศึกษาจึงต้องปรับเปลี่ยนให้ทันและสอดคล้องกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของประเทศชาติและสังคมโลกตลอดเวลา สภาพดังกล่าวทำให้สังคมต้องหันมาทบทวน การจัดการศึกษากันใหม่ เพื่อให้การศึกษาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง



ของประเทศอย่างแท้จริง โดยมีเป้าหมายสำคัญที่สุด คือ การจัดการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนได้พัฒนาตนเองสูงสุด ตามกำลังหรือศักยภาพของแต่ละคน แต่เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน ทั้งด้านความต้องการ ความสนใจ ความถนัด และยังมีทักษะพื้นฐานอันเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะใช้ในการเรียนรู้ จึงควรมีการจัดการที่เหมาะสมในลักษณะที่แตกต่างกัน ตามเหตุปัจจัยของผู้เรียนแต่ละคน (นวลจิตต์ เขาวงกิตพงศ์ และคณะ. 2545: 5) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้ และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 4)

การจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีได้จัดการเรียนรู้อย่างมีหลักการ ทฤษฎีที่ยาก ซับซ้อน อาจจัดแยกเฉพาะ ควรเป็นการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม หรือการปฏิบัติจริงในกระบวนการเรียนการสอนมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และรู้จักตนเองในด้านความสามารถ ความถนัด เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่อาชีพ การเรียนการสอนวิชาการช่างพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษ์วิทยาที่ผ่านมายังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร โดยผลการเรียนยังอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ และนักเรียนจำนวนมากไม่ชอบเรียนวิชาการช่างพื้นฐาน จึงเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาการช่างพื้นฐาน

จากหลักการและเหตุผล ผู้วิจัยได้พยายามศึกษาค้นคว้าหลักการ แนวคิดทฤษฎีที่จะนำมาใช้ในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน เพื่อจะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดเรื่องการจัดกระบวนการเรียนการสอนด้วยแบบฝึกทักษะ เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้ามาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ ให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพเป็นประโยชน์สูงสุดแก่นักเรียน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อหาประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะ เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

2.2 เพื่อหาค่าดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

3. ประโยชน์ของการวิจัย

3.1 ได้แบบฝึกทักษะ เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้า รายวิชางานช่างพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอดคล้องกับบทเรียน

3.2 นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้า รายวิชางานช่างพื้นฐาน กลุ่มสาระ การเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น

3.3 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ในการ พัฒนาการเรียนการสอนรายวิชางานช่างพื้นฐาน โดยใช้กระบวนการวิจัยตามแนวคิดการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

4. สมมติฐานของการวิจัย

4.1 แบบฝึกทักษะ เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ มาตรฐาน 80/80

4.2 ค่าดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้การ งานอาชีพและเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 นักเรียน มีพัฒนาการทางการเรียนเพิ่มขึ้น

4.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะ เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า กลุ่ม สาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 มีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. ขอบเขตของการวิจัย

5.1 ประชากร ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7, 5/10, 5/11 และ 5/12 โรงเรียนกันทรลักษ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งมีจำนวน นักเรียนทั้งหมดในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 188 คน

5.2 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 โรงเรียนกันทรลักษ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 47 คน ได้มาโดยวิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

5.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น ได้แก่ แบบฝึกทักษะ เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า

ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะ ดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่องงานเชื่อมไฟฟ้า

6. วิธีดำเนินการวิจัย

6.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง



6.1.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7, 5/10, 5/11 และ 5/12 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งมีจำนวนนักเรียนทั้งหมดในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 188 คน

6.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 47 คน โดยการวิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

6.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า มีจำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้

2) หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า มีจำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้

6.2.2 แบบฝึกทักษะ เรื่อง งานเชื่อมไฟฟ้า ประกอบการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้ จำนวน 8 ชุด ได้แก่

1) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า จำนวน 4 ชุด

2) หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า จำนวน 4 ชุด

6.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน แบบตัวเลือกชนิด 4 ตัวเลือก ได้แก่

1) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า จำนวน 20 ข้อ

2) หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า จำนวน 20 ข้อ

6.3 วิธีการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

6.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ มีวิธีการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อทำความเข้าใจสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผล (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 2-28) สำหรับเป็นแนวทางในการเรียน และแผนการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2) ศึกษาเอกสารประกอบหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 เพื่อศึกษาคำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา หน่วยการเรียนรู้ และเนื้อเรื่องในแต่ละหน่วยงานการเรียนรู้ มาเป็นกรอบในการทำแผนการจัดการเรียนรู้ (โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา. 2551 : 210 - 219)

3) ศึกษาวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ (สาคร พัวพันธ์ และ ดุรงค์ฤทธิ์ เอกวงษา. 2556: 35 - 42) เพื่อให้ได้แนวทางวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ศึกษาวิธีการและขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ณัฐวุฒิ กิจรุ่งเรือง และคณะ. 2554 : 59 - 70)

4) ร่างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 แผน ได้แก่ ชื่อเรื่อง มาตรฐาน/ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และแบบบันทึกหลังการสอน

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ สารการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและแหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล เครื่องมือที่ใช้ประเมินผล และขอคำแนะนำในส่วนที่บกพร่อง เพื่อนำมาปรับปรุงและแก้ไข

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ มาปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 3 ท่าน อีกครั้งหนึ่ง เพื่อประเมินความสอดคล้อง และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

8) นำแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ มาหาค่าเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ซึ่งมี 5 ระดับ คือ ระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด (บุญชม ศรีสะอาด. 2543 : 100 - 103) เกณฑ์การตัดสินในระดับ ค่าเฉลี่ย 3.51 ขึ้นไป จึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมมาก สามารถนำไปใช้ทดลองได้ ผลจากการประเมินหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.00 – 5.00 ซึ่งค่าเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับที่เหมาะสมมากที่สุด และระดับที่เหมาะสมมาก

6.3.2 การพัฒนาแบบฝึกทักษะ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อทำความเข้าใจสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สารการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผล (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 2 - 28)

2) ศึกษาเอกสารประกอบหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนกัณฑ์รัชวิทยาคม ตำบลน้ำอ้อม อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 เพื่อศึกษาคำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา หน่วยการเรียนรู้ และเนื้อเรื่องในแต่ละหน่วยงานการเรียนรู้ มาเป็นกรอบในการทำแบบฝึกทักษะ (โรงเรียนกัณฑ์รัชวิทยาคม. 2551 : 210 - 219)

3) วิเคราะห์เนื้อหาแบ่งเป็นเนื้อหาย่อย

4) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระสำคัญ สารการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ในทุกเนื้อหาย่อย

5) ศึกษาวิธีการพัฒนาแบบฝึกทักษะ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะนำมาประกอบในการจัดทำแบบฝึกทักษะ

6) สร้างแบบฝึกทักษะ จำนวน 8 ชุด ตามเนื้อหาย่อยที่ได้แบ่งไว้

7) นำแบบฝึกทักษะ จำนวน 8 ชุด เสนอผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา ลักษณะการใช้ภาษารูปแบบ และการวัดและการประเมินผล

8) ปรับปรุงและแก้ไข แบบฝึกทักษะ ในเรื่องของการจัดรูปแบบ และภาพประกอบ



9) นำแบบฝึกทักษะที่ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมอีกครั้ง เพื่อประเมินความถูกต้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา ลักษณะการใช้ภาษา รูปแบบ และการวัด และการประเมินผล จากการประเมินแบบฝึกทักษะ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.00 – 5.00 ซึ่งค่าเฉลี่ยโดยรวมจัดอยู่ในระดับที่เหมาะสมมากที่สุด

10) นำแบบฝึกทักษะ จำนวน 8 ชุด ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาพิจารณาปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง แล้วนำไปทดลองดังนี้

(1) ทดลองใช้ (Try Out) 1 : 1 พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า แบบฝึกทักษะมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 76.79/78.00 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า แบบฝึกทักษะมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 78.66/78.98 จากการทำแบบฝึกทักษะทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่าเนื้อหามากเกินไป จึงทำให้นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนระดับอ่อนอ่านไม่ทัน และทำกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดเสร็จช้า ไม่ทันเวลาที่กำหนด เนื่องจากเป็นนักเรียนที่มีสมาธิทางการเรียนสั้น และอ่านไม่คล่อง ผู้วิจัยจึงได้นำแบบฝึกทักษะมาปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไป

(2) ทดลองใช้ (Try Out) 1 : 10 พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า แบบฝึกทักษะมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 82.67/84.44 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า แบบฝึกทักษะมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 83.56/84.44 จากการทำแบบฝึกทักษะทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ พบว่ามีปัญหาในด้านของรูปแบบ และด้านของเนื้อหาบางส่วน ผู้วิจัยจึงได้นำแบบฝึกทักษะมาปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไป

(3) ทดลองใช้ (Try Out) 1 : 100 พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า แบบฝึกทักษะมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 84.96/86.67 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า แบบฝึกทักษะมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเท่ากับ 83.69/84.44 จากการทำแบบฝึกทักษะทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ ไม่พบปัญหา นักเรียนสามารถทำได้ตามเวลาที่กำหนดและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

11) นำแบบฝึกทักษะมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

6.3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

1) ศึกษาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเขียนข้อสอบ (ไพศาล หวังพานิช. 2526 : 70 - 71) และรูปแบบและหลักการสร้างข้อสอบประเภทต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

2) สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ เพื่อคัดไว้ใช้จำนวน 40 ข้อ กำหนดการให้คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยสามารถแบ่งออกตามหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

(1) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า สร้างข้อสอบ จำนวน 25 ข้อ คัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อ

(2) หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า สร้างข้อสอบ จำนวน 25 ข้อ คัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อ

3) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเรียบร้อยแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความชัดเจน ความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยหาค่า (IOC : Index of Item Congruence) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 117) ค่า IOC ที่เหมาะสมคือ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งได้ค่า IOC ของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.40 – 1.00

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข นำไปทดลอง พร้อมกับนักเรียนที่เรียนแบบฝึกทักษะ ครั้งที่ 3 แล้วนำกระดาษคำตอบของนักเรียนที่ผ่านการเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะ ที่สอบเสร็จแล้วมาตรวจให้คะแนน โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ คือให้ข้อถูกได้ 1 คะแนน และข้อตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก ได้ 0 คะแนน นำกระดาษคำตอบที่ตรวจเสร็จแล้วมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

(1) วิเคราะห์ความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ โดยใช้ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 – 1.00 ปรากฏว่า ได้ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.100 – 0.700 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.016 – 0.397 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.100 – 0.600 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.055 – 0.609

(2) นำแบบทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกตามแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้วไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) ปรากฏว่าได้ค่าความเชื่อมั่นแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.183 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.192

5) จัดพิมพ์แบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว จำนวน 40 ข้อ โดยแยกออกเป็น 2 หน่วยการเรียนรู้ ตามที่ได้กำหนดไว้ เพื่อนำไปใช้ศึกษาวิจัยต่อไป

6.4 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

6.4.1 แบบแผนการทดลอง การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pre-test Post-test Design

6.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้รายงานเตรียมจัดสภาพห้องเรียนและนักเรียนให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน

2) ก่อนทำการทดลองในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ได้ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน

3) ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบฝึกทักษะของแต่ละหน่วยการเรียนรู้



4) เมื่อสิ้นสุดการใช้แบบฝึกทักษะ ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ได้ทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบหลังเรียน ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จะมีแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน จะเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันแต่สลับข้อและสลับตัวเลือก

5) นำผลการทดลองไปวิเคราะห์ข้อมูล สรุป รวบรวมข้อมูล รายงานผลวิจัย

6.5 การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามลำดับ ดังนี้

6.5.1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะ ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

6.5.2 วิเคราะห์หาค่าดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

6.5.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

7. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

7.1 การพัฒนาแบบฝึกทักษะ ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80 คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.89/86.30 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.96/85.10 ซึ่งเป็นไปตามการศึกษาวิจัยตามจุดมุ่งหมายการวิจัยข้อที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า (แบบฝึกทักษะชุดที่ 1 - 4)

คะแนน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D	ร้อยละ	E_1/E_2
ผลการปฏิบัติกิจกรรมเรียน (E_1)	80	69.51	1.20	86.89	86.89/86.30
ผลการทดสอบหลังเรียน (E_2)	20	17.26	1.17	86.30	

จากตารางที่ 1 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการปฏิบัติกิจกรรมจากแบบฝึกทักษะ ชุดที่ 1- 4 ระหว่างเรียน (E_1) และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบหลังเรียน (E_2) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า โดยใช้แบบฝึกทักษะชุดที่ 1 - 4 ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.89/86.30 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า
(แบบฝึกทักษะชุดที่ 5 - 8)

คะแนน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	E_1/E_2
ผลการปฏิบัติกิจกรรม (E_1)	80	69.57	1.70	86.97	86.96/85.10
ผลการทดสอบหลังเรียน (E_2)	20	17.02	1.26	85.10	

จากตารางที่ 2 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการปฏิบัติกิจกรรมจากแบบฝึกทักษะ ชุดที่ 5-8 ระหว่างเรียน (E_1) และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบหลังเรียน (E_2) หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า โดยใช้แบบฝึกทักษะชุดที่ 5-8 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.96/85.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 80/80

7.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า มีค่าที่ (t - test) เท่ากับ 33.42 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า มีค่าที่ (t - test) เท่ากับ 30.36 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามการศึกษาวิจัยตามจุดมุ่งหมายการวิจัยข้อที่ 3

ตารางที่ 3 ดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยใน
งานเชื่อมไฟฟ้า (แบบฝึกทักษะชุดที่ 1 - 4)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	N	ผลรวมคะแนน	E.I.
ก่อนเรียน	20	47	443	0.7404
หลังเรียน	20	47	811	

จากตารางที่ 3 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะชุดที่ 1 - 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา มีค่าเท่ากับ 0.7404 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นร้อยละ 74.04 ดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 ดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า
(แบบฝึกทักษะชุดที่ 5 - 8)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	N	ผลรวมคะแนน	E.I.
ก่อนเรียน	20	47	569	0.6226
หลังเรียน	20	47	800	

จากตารางที่ 4 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะชุดที่ 5-8 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา มีค่าเท่ากับ 0.6226 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นร้อยละ 62.26

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนจาก
การใช้แบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมโลหะ
ด้วยไฟฟ้า (แบบฝึกทักษะชุดที่ 1 - 4) ดังตารางที่ 5

ผลสัมฤทธิ์	N	$\bar{X}$	S.D.	$\sum D$	$(\sum D)^2$	t
ก่อนเรียน	47	9.43	1.08	368	3,000	33.42*
หลังเรียน	47	17.26	1.17			

*ค่า t มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับ .05 df 23 = 1.714)

จากตารางที่ 5 พบว่า การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า โดยใช้แบบฝึกทักษะชุดที่ 1 - 4 มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 9.43 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 17.26 และมีค่า t เท่ากับ 33.42 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนจาก
การใช้แบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า (แบบฝึกทักษะ
ชุดที่ 5 - 8)

ผลสัมฤทธิ์	N	$\bar{X}$	S.D.	$\sum D$	$(\sum D)^2$	t
ก่อนเรียน	47	9.77	1.11	337	2,537	30.36*
หลังเรียน	47	17.02	1.26			

*ค่า t มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับ .05 df 23 = 1.714)

จากตารางที่ 6 พบว่า การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน กันทรลักษณ์วิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า โดยใช้แบบฝึกทักษะชุดที่ 5 - 8 มีค่าเฉลี่ย ก่อนเรียนเท่ากับ 9.77 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 17.02 และมีค่า t เท่ากับ 30.36 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

8. สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาแบบฝึกทักษะ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สามารถ อภิปรายผลได้ดังนี้

8.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะ ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.89/86.30 และ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.96/85.10 หมายความว่า แบบฝึกทักษะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เฉลี่ยร้อยละ 86.89 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เฉลี่ยร้อยละ 86.96 และสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมของนักเรียนหลังจากการเรียนด้วย แบบฝึกทักษะ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เฉลี่ยร้อยละ 86.30 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เฉลี่ยร้อยละ 85.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ซึ่งแบบฝึกทักษะที่ผู้ศึกษาพัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ สามารถสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ มีความก้าวหน้าทางการเรียน และนักเรียนมีความสนใจการเรียนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จำเริญ ภูสอศศรี (2551 : บทคัดย่อ) ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัด กิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.10/88.48 และมีค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเท่ากับ 0.6267 หมายความว่านักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนร้อยละ 62.67 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรรณิการ์ ภิรมย์รัตน์ (2553 : บทคัดย่อ) ผลการวิจัยพบว่า แบบฝึกทักษะสาระการเรียนรู้ภูมิศาสตร์ เรื่องทวีปยุโรประดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.18/83.43 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

8.2 การวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะ ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น ซึ่งหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น 0.7404 คิดเป็นร้อยละ 74.04 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น 0.6226 คิดเป็นร้อยละ 62.26 และการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทุกหน่วยการเรียนรู้ จึงมีผลต่อค่าดัชนีประสิทธิผล ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุวรรณ บุตรสุวรรณ (2553 : บทคัดย่อ) ผลการวิจัย พบว่าดัชนีประสิทธิผลของแบบฝึกทักษะเท่ากับ 0.6742 หรือคิดเป็นร้อยละ 67.42 และงานวิจัยของ ประทีน ยุทธเสรี (2550 : บทคัดย่อ) ผลการวิจัย พบว่า มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7586 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 75.86

8.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน จากการใช้แบบฝึกทักษะ ทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 9.43 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 17.26 และมีค่าที่



(t - test) เท่ากับ 33.42 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 งานเชื่อมไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 1.11 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 1.26 และมีค่าที่ (t - test) เท่ากับ 30.36 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ภายหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และนักเรียนมีพัฒนาการโดยเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุษา สังขรัตน์ (2557 : บทคัดย่อ) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะการอ่านจับใจความสำคัญภายหลังการเรียนโดยใช้แบบฝึกทักษะสูงกว่าก่อนเรียน ร้อยละ 36.50 โดยก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 10.60 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.30 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 23.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.80 และพบว่าหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ทุกคน คิดเป็นร้อยละ 100 จากนักเรียนทั้งหมด และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นพคุณ แดงบุญ (2552 : บทคัดย่อ) ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยแบบฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ก่อนนำแบบฝึกทักษะไปใช้ ครูผู้สอนควรทำการศึกษาคู่มือการใช้แบบฝึกทักษะล่วงหน้า เพื่อเป็นการเตรียมบทบาท ความพร้อมของครู เพื่อที่จะให้คำแนะนำในการเรียนรู้กับนักเรียนได้อย่างถูกต้อง

9.2 ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมให้สำเร็จ เน้นความรับผิดชอบและแนะนำเพิ่มเติมในขั้นตอนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ แนะนำสาธิตในขั้นตอนที่มีความซับซ้อน เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

10. เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ ภิรมย์รัตน์ . (2553). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสาระการเรียนรู้ภูมิศาสตร์ เรื่องทวีปยุโรป ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา โดยใช้แบบฝึกเสริมทักษะ. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- จารุวรรณ บุตรสุวรรณ. (2553). การพัฒนาความรู้ทักษะวิชาชีพทางบัญชีของนักศึกษาระดับปริญญาตรีปี 3 สาขาการบัญชี คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ STAD. สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- จำเริญ ภูสอศศรี. (2551). การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน เรื่องผลิตภัณฑ์จากยางรถยนต์เก่า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี มัธยมศึกษาปีที่ 2. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ณัฐภูมิ กิจรุ่งเรือง. (2545). ผู้เรียนเป็นสำคัญและการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ของครูมืออาชีพ. ม.ป.ท. กรุงเทพมหานคร: สภาพบุ๊คส์.

- นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์ และคณะ. (2545). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : สำนักงานปฏิรูปการศึกษา.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2543). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น.
- ประทีน ยุทธเสรี. (2550). การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสอนแบบโครงงาน เรื่องการออกแบบลายมัดหมี่ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- ไพศาล หวังพานิช. (2526). การวัดผลการศึกษา. ม.ป.ท. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.
- โรงเรียนกันทรลักษณ์วิทยา.(2551).เอกสารประกอบหลักสูตรสถานศึกษา พุทธศักราช 2551.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2542). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. ม.ป.ท. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น.
- สาคร พัวพันธ์ และดุรงค์ฤทธิ์ เอกวงษา. (2556). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้สำหรับครูอุตสาหกรรมศิลป์และเทคโนโลยี : การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้. สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์และเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- อุษา สังขรัตน์. (2557). การพัฒนาทักษะการอ่านจับใจความ โดยใช้แบบฝึกทักษะของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/8 โรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนเวนต์. กรุงเทพมหานคร : โรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนเวนต์.



การชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซีเพื่อรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า Reactive power compensation using SVC to maintain stability of voltage

บุญยัง สิงห์เจริญ^{1*} สันติ สาแก้ว^{2*} และวันทนา สุขมณี^{3*}

^{1*}, ^{2*}, ^{3*} 145 หมู่ 15 ต.นอกเมือง อ.เมือง จ.สุรินทร์ โทร 095 -4247455 Email boonyung.si@hotmail.com

บทคัดย่อ

การขาดเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้ามักจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันไฟฟ้าชั่วคราว การแก้ปัญหาโดยใช้อุปกรณ์พาสซีฟมักจะไม่สามารถตอบสนองได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลัน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพโดยรวมของกำลังไฟฟ้า บทความนี้เป็นการนำเสนอรูปแบบหนึ่งในการแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วคราวด้วยวิธีการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซี สำหรับช่วยรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโหลด โดยใช้วิธีการจำลองการทำงานเปรียบเทียบระหว่างในระบบไฟฟ้าที่ไม่มีและมีการชดเชยกำลังไฟฟ้าด้วยเอสวีซี ส่วนการทดสอบจริงโดยสร้างชุดสาธิตชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซีเป็นกรณีศึกษาเปรียบเทียบให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการชดเชยที่นำเสนอ ทำการทดสอบโดยการต่อโหลดเข้าในระบบไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อผลจากการทดสอบพบว่าระบบที่ไม่มีการชดเชยกำลังไฟฟ้าจะทำให้แรงดันไฟฟ้าตกทันที ณ จุดเชื่อมต่อเมื่อมีการต่อโหลดเข้าในระบบไฟฟ้า แต่เมื่อเพิ่มเอสวีซีเข้าไปในระบบไฟฟ้าเดียวกันนี้ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกดังกล่าวถูกยกระดับแรงดันให้คงที่ด้วยความรวดเร็ว สามารถแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะและยังเพิ่มเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า จึงเป็นการยืนยันในทางปฏิบัติว่ารูปแบบที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ได้จริงเป็นข้อมูลชี้แนะในการออกแบบสร้างการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซีจริงในอนาคต

คำสำคัญ : กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ , เอสวีซี

Abstract

Lacking stability of voltage caused by changes in voltage levels temporary. To solving by used passive device may be no respond to sudden change that affect the overall power quality. This work presence the alternative problem solving a sudden drop in pressure by reactive power compensation using SVC. To maintain the voltage level during load changes was used simulation methods to compare without and with reactive power compensation by SVC. Using reactive power compensation by SVC is case study to compare efficiency of the present work. Testing was done by added load to electrical connection point. The result showed that without reactive power compensation caused instantaneous voltage drop at connection point when added load into electrical system. Whereas added SVC into the same current system can be solved change of voltage levels temporary and increasing of efficiency of

voltage. To confirm in practice that this work can be used and It is information in the guiding design of reactive power compensation using SVC in the future.

Keyword : Reactive power , SVC

1. บทนำ

จากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี จำเป็นจะต้องจัดหาแหล่งพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้เกิดความหลากหลายในการประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าและมีการเชื่อมโยงของระบบโครงข่ายใหญ่ มีขีดความสามารถสูงของระบบไฟฟ้าเพื่อรองรับสถานะของโหลดหรือกระบวนการผลิตที่มีความอ่อนไหวต่อคุณภาพไฟฟ้า เสถียรภาพของแรงดันเป็นส่วนหนึ่งของคุณภาพไฟฟ้าที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความน่าเชื่อถือในระบบไฟฟ้า บ่งบอกถึงความสามารถของระบบไฟฟ้าที่สามารถรักษาระดับแรงดันได้เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือสิ่งรบกวนขึ้นในระบบไฟฟ้า การขาดเสถียรภาพของแรงดันจึงเป็นสาเหตุหลักของปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า และอาจส่งผลกระทบต่อปัญหาเสถียรภาพโดยรวม หากระบบป้องกันรับรู้ถึงปัญหาและอาจตัดต่อประกอบบางส่วนจากระบบออกไป (P.Kundur¹⁹⁹⁴, R.C.Dugan²⁰⁰², IEEE std¹⁹⁹⁵) ปัญหาหนึ่งของการขาดเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้ามักจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดในระบบไฟฟ้า เช่น การต่อเข้าและปลดออกของโหลดขนาดใหญ่ หรือผลกระทบจากการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันเป็นปัญหาเสถียรภาพของแรงดันชั่วขณะที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์หรือองค์ประกอบระบบที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน จึงกล่าวได้ว่าคุณภาพกำลังไฟฟ้าจึงเป็นเรื่องที่สำคัญต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าที่บ่งบอกถึงขีดความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบและสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ได้ในกรณีที่จ่ายโหลดแบบฉับพลัน (ฤกษ์ชนม์ ภูมิภิตพิชญ์. 2558)

การรักษาเสถียรภาพของแรงดันของระบบ ณ จุดต่อร่วมให้คงที่จึงเป็นเรื่องที่จำเป็นสำหรับระบบไฟฟ้าทั่วไป ส่วนใหญ่มักจะใช้การต่อเข้าและปลดออกอุปกรณ์พาสซีฟที่เป็นแบบตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำในการรักษาความสมดุลของกำลังไฟฟ้า ซึ่งอาจจะแก้ปัญหาเสถียรภาพแรงดันในสถานะคงที่ได้แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาในสถานะฉับพลันหรือสถานะชั่วขณะที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในระบบแบบทันทีทันใดของโหลดได้

ปัจจุบันระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วอย่างมากจึงได้นำระบบดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในระบบไฟฟ้าเป็นตัวชดเชยกำลังกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่น หรือที่เรียกว่า FACTS หรือ (Flexible AC Transmission System) เป็นวิธีการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้า (Y.H. Song and A.T. Johns. 1999) ซึ่งจะเป็นวิธีการที่จะเข้ามามีบทบาทในระบบไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคต สามารถตอบสนองในสถานะฉับพลันหรือสถานะชั่วขณะได้ ซึ่งมีหลายชนิดด้วยกัน ในบทความนี้ได้เสนอการชดเชยกำลังไฟฟ้าที่ใช้วิธีต่อแบบขนานที่มีชื่อว่า เอสวีซี เป็นอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้าแบบสถิตที่ต่อขนานเข้าระบบไฟฟ้า (R. P.Singh, S. K. Bharadwaj, R. K. Singh. 2014) เพื่อช่วยรักษาระดับแรงดันที่จุดเชื่อมต่อเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลงและยังเป็นการเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า



2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในระบบ 1 เฟสด้วยเอสวีซี
- 2.2 เพื่อออกแบบสร้างชุดสาธิตวิธีการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซี สำหรับแก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในระบบ 1 เฟส

3. ประโยชน์ของการวิจัย

- 3.1 วิธีการแก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะในระบบ 1 เฟสด้วยเอสวีซี
- 3.2 ชุดสาธิตแสดงถึงวิธีการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ
- 3.3 แนวทางการออกแบบและควบคุมการทำงานของเอสวีซี

4. สมมติฐานและขอบเขตของการวิจัย

การรักษาเสถียรภาพของแรงดันของระบบ ณ จุดต่อร่วมให้คงที่ส่วนใหญ่มักจะใช้การต่อเข้าและปลดออกอุปกรณ์พาสซีฟที่เป็นแบบตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำในการรักษาความสมดุลของกำลังไฟฟ้า ซึ่งอาจจะแก้ปัญหาเสถียรภาพแรงดันในสถานะคงที่ได้แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาในสถานะฉับพลันหรือสถานะชั่วขณะที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในระบบแบบทันทีทันใดของโหลดได้ บทความนี้จึงได้รูปแบบการแก้ไขปัญหาดังกล่าวภายใต้เงื่อนไขขอบเขตการดำเนินงานดังนี้

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Matlab/Simulink ในการออกแบบสร้างแบบจำลองเอสวีซีและระบบควบคุมให้สามารถแก้ปัญหาต่อการเปลี่ยนแปลงภายในระบบแบบทันทีทันใดของโหลดได้ และประกอบสร้างชุดสาธิตวิธีการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซี สำหรับเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาจริงในทางปฏิบัติ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

แก้ปัญหการแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะในระบบ 1 เฟสที่มักจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดของโหลด ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบวิธีการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซี สำหรับแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้ ทฤษฎีเอกสารที่เกี่ยวข้อง การออกแบบและกำหนดค่าอุปกรณ์ การจำลองการทำงาน การทดสอบและส่วนท้ายจะเป็นการสรุปผลซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

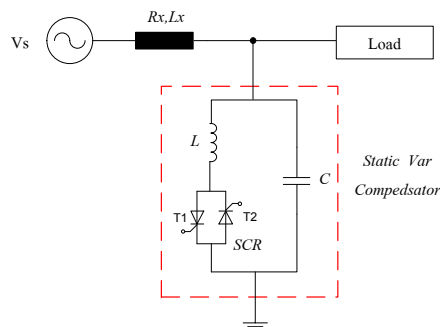
5.1 พื้นฐานการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ กำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากระแสสลับสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ ชนิดแรกเรียกว่า กำลังไฟฟ้าจริง (Active power , P) มีหน่วยวัดเป็น วัตต์ (W) เป็นกำลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้ เช่น ความร้อน แสงสว่าง หรือกำลังทางกล และชนิดที่สองคือกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power , Q) มีหน่วยวัดเป็น วาร์ (VAR) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ แต่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ต้องทำงานด้วยหลักการขดลวดสนามแม่เหล็กจำเป็นต้องใช้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาก่อน ในระบบไฟฟ้านั้นอุปกรณ์ที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจะมีเพียงเครื่องจักรกลซิงโครนัส (Synchronous Machines) และตัวเก็บประจุกำลัง (Power Capacitor) เครื่องจักรกลซิงโครนัสมักจะถูกจำกัดที่งบประมาณในการลงทุนในการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงรวมทั้งความซับซ้อนในการติดตั้ง ดังนั้นการติดตั้งตัวเก็บประจุกำลังไม่ว่าจะเป็นตัว

เก็บประจุกำลังที่ใช้กับระบบแรงดันต่ำ (แรงดันไม่เกิน 1,000 โวลต์) หรือระบบแรงดันสูงเพิ่มเติมเข้าไปในระบบไฟฟ้าจึงเป็นวิธีการที่สำคัญที่สุดในการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของระบบไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

ตัวเก็บประจุกำลังมีคุณสมบัติที่เหมาะสม และเป็นวิธีการชดเชยที่มีการปฏิบัติมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีราคาถูกกว่าเครื่องจักรกลเชิงโครนัส การติดตั้งใช้งานได้ง่าย (ไชยชาญ หินเกิด.2551) ในทางปฏิบัติอาจจะกล่าวได้ว่าการบำรุงรักษาต่ำมากเพราะไม่มีส่วนที่มีการเคลื่อนที่ และประการสำคัญคือ มีกำลังสูญเสียในตัวเองต่ำมากมีให้เลือกใช้งานหลายขนาดเหมาะสมกับการติดตั้งใช้งานในระบบไฟฟ้า

การชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟด้วยตัวเก็บประจุกำลังจึงเป็นอีกหนึ่งวิธีการในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าที่มีการปฏิบัติและพัฒนาไปพร้อมกับวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่เอื้ออำนวยก็มีชื่อเรียกว่า “Capacitor Bank” เช่น มีการใช้ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) ต่อขนานเข้ากับระบบเพื่อเป็นการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของระบบไฟฟ้า การต่ออุปกรณ์ชดเชยนี้เข้ากับระบบไฟฟ้าเริ่มมีวิวัฒนาการตั้งแต่การใช้สวิตช์หรือแมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic contactor) เพื่อการต่อเข้าและปลดออกที่เหมาะสมกับการชดเชย แต่ปัญหาของการปฏิบัติในลักษณะดังกล่าวคือจะเป็นการควบคุมแบบปิด – เปิด (ON – OFF Control) ที่มักจะอาศัยความพอดิจจากการคาดเดาของผู้ปฏิบัติการซึ่งจะได้ผลลัพธ์ไม่แน่นอนที่เหมาะสมกับค่าที่ต้องการ เนื่องจากการปรับค่าการชดเชยแบบนี้จะเป็นการปรับค่าชดเชยแบบขั้น (Step change) และที่สำคัญคือความเร็วในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่อาศัยการสั่งเกิดจากผู้ปฏิบัติในการออกคำสั่งทำให้ความไวในการตอบสนองช้าอาจจะไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในระบบไฟฟ้าสมัยใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการไหลของกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟมักจะมีอยู่ในช่วงไดนามิกส์ (Dynamic events)

5.2 โครงสร้างอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟแบบสถิต อุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟแบบสถิต (Static Var Compensator ,SVC) หรือที่นิยมเรียกกันว่าเอสวีซี เพื่อใช้ในการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สามารถจ่ายหรือรับค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟจากระบบได้ และยังช่วยในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อให้คงที่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้และยังเป็นการเพิ่มเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า โดยทั่วไปเอสวีซีจะต่ออุปกรณ์ชดเชยขนานกับระบบหรือจุดเชื่อมต่อ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดคือใช้ไทรสเตอร์ควบคุมตัวเหนี่ยวนำ (Thyristor Controlled Reactor ,TCR) และแบบใช้ไทรสเตอร์เป็นสวิตช์ควบคุมตัวเก็บประจุ (Thyristor Switched Capacitor ,TSC) ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงเฉพาะตัวชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟแบบไทรสเตอร์ควบคุมตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งมีลักษณะ ดังในภาพที่ 1



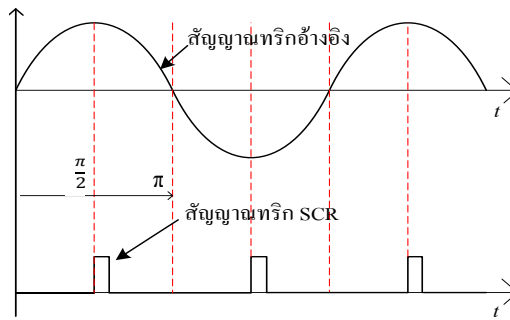
ภาพที่ 1 เอสวีซีแบบ Thyristor Controlled Reactor (TCR)

ที่มา : (ณัฐภูมิ ที่จันทิก. 2557)

โดยที่	V_s	คือ	แรงดันไฟฟ้าที่ต้นทาง
	R_x, L_x	คือ	ค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่ง
	SCR	คือ	Silicon Controlled Rectifier
	L	คือ	ขดลวดเหนี่ยวนำ
	C	คือ	ตัวเก็บประจุ

จากภาพที่ 1 โครงสร้างเอสวีซีประกอบด้วยไทรสเตอร์ 2 ตัวต่อขนานกันแบบกลับหัวกัน (Anti – parallel) ทำหน้าที่เสมือนเป็นสวิตช์ 2 ทาง โดยที่ไทรสเตอร์ T1 จะถูกควบคุมการทำงานช่วงลูกคลื่นไซเคิลบวกและไทรสเตอร์ T2 จะถูกควบคุมการทำงานช่วงลูกคลื่นไซเคิลลบสำหรับควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (L) ตัวเก็บประจุ (C) ทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟออกมาชดเชยให้กับระบบเพื่อที่จะยกระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อให้มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการและขดลวดเหนี่ยวนำทำหน้าที่ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่หักล้างตัวเก็บประจุ ซึ่งจะทำให้การไหลของกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเป็นไปอย่างต่อเนื่องและแม่นยำ

การทำงานของเอสวีซีเมื่อระบบอยู่ในสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลดแบบทันทีทันใดส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดลดลงอย่างรวดเร็วการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ใกล้เคียงกับระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการนั้นจะอาศัยหลักการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟผ่านตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ ด้วยการปรับมุมทริกของ SCR เพื่อปรับค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำให้ตรงกับความต้องการชดเชยกำลังไฟฟ้า (ณัฐภูมิ ที่จันทิก . 2557) ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟรวมของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุสอดคล้องกับค่าที่เหมาะสมต่อโหลดและเป็นการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดให้คงที่ การควบคุมการทำงานโดยการกำเนิดสัญญาณทริกเพื่อปรับการไหลกระแสด้วย SCR ซึ่งจะต้องกำเนิดให้สอดคล้องกับสัญญาณอ้างอิง ดังในภาพที่ 2 ในสถานะที่ระบบยังไม่มีกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ค่า X_L และ X_C ของเอสวีซีจะถูกปรับให้มีค่าใกล้เคียงกันทำให้กระแสไฟฟ้า I_L และ I_C เกิดการหักล้างกันตามคุณสมบัติพื้นฐานของอุปกรณ์ทั้งสองนี้ สัญญาณมุมทริก SCR ในสถานะนี้จะอยู่ที่มุม 90 องศาหรือที่ค่า $\frac{\pi}{2}$ เรเดียน ทำให้ไทรสเตอร์นำกระแสไฟฟ้าได้เต็มที่และในสถานะที่มีการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ สัญญาณมุมทริก SCR จะเปลี่ยนระหว่างมุม 90 องศาถึง 180 องศา ซึ่งจะทำให้ไทรสเตอร์นำกระแสไฟฟ้าไม่ต่อเนื่อง

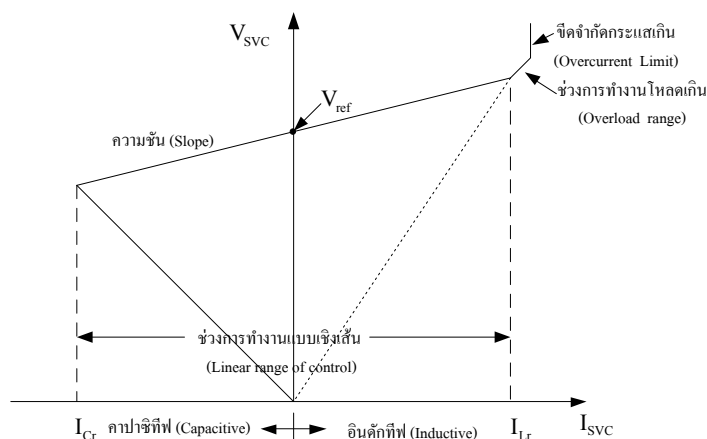


ภาพที่ 2 สัญญาณอ้างอิงและสัญญาณทริก SCR

ที่มา : (ณัฐวุฒิ ที่จันทิก . 2557)

การปรับมุมทริกของ SCR ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเปลี่ยนค่าได้ตามต้องการ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำนี้จะหักล้างกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุค่าคงที่ไว้ ผลลัพธ์ของกระแสไฟฟ้าโดยรวมจะเป็นกระแสที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการในการชดเชยกำลังไฟฟ้า ซึ่งการไหลของกระแสไฟฟ้านี้จะเป็นตัวบ่งชี้การไหลของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่ต้องการ

จากคุณสมบัติของเอสวีซีที่เป็นแบบเฉพาะพลวัต (Dynamic characteristics) เป็นคุณสมบัติแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของบัสแรงดันที่มีการต่อเอสวีซีอยู่ (R. Mohan Mathur and Rajiv K. Varma. 2002) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของเอสวีซี ดังในภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดันที่บัสและกระแสไฟฟ้าเอสวีซีซึ่งประกอบด้วย



ภาพที่ 3 คุณสมบัติของเอสวีซี

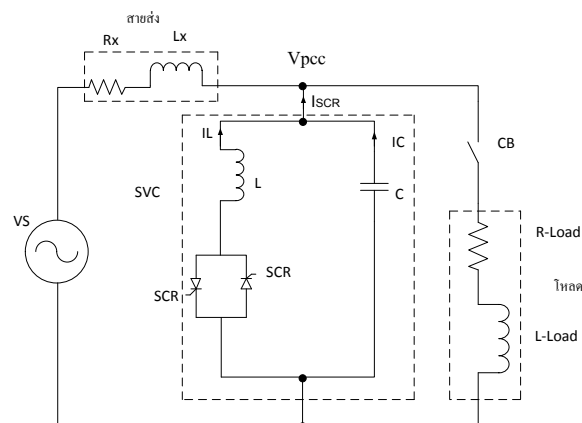
ที่มา : (R. Mohan Mathur and Rajiv K. Varma. 2002)

แรงดันอ้างอิง (V_{ref}) เป็นแรงดันไฟฟ้าใช้งานของระบบหรือแรงดันไฟฟ้าที่บัสเชื่อมต่อของเอสวีซีในช่วงสภาวะลยตัวที่เอสวีซีไม่มีการดึงเข้าและจ่ายออกกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟใดๆ โดยที่แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงนี้สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.95 เพอร์ยูนิต และค่า 1.05



เปอร์ยูนิต ช่วงการทำงานแบบเชิงเส้น (Linear range of control) เป็นช่วงการควบคุมการเปลี่ยนแปลงที่ชั่วต่อของเอสวีซีแบบเชิงเส้น โดยการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟตลอดช่วงการทำงานแบบคาปาซิทีฟ (I_{Cr}) หรือแบบนำหน้า ถึงช่วงการทำงานแบบอินดักทีฟ (I_{Lr}) หรือเป็นแบบล้าหลัง ช่วงการทำงานโหลดเกิน (Overload range) เป็นช่วงที่เอสวีซีทำงานนอกนอกช่วงการทำงานแบบเชิงเส้นด้านล้าหลัง ซึ่งช่วงนี้เอสวีซีจะมีประพฤติกรรมเหมือนกับตัวเหนี่ยวนำค่าคงที่ ชัดจำกัดกระแสเกิน (Overcurrent Limit) เป็นการป้องกันไทรสเตอร์ไม่ให้เสียหายเนื่องจากผลของความร้อน ซึ่งกระแสแบบล้าหลังสูงสุดในช่วงโหลดเกินจะถูกจำกัดให้มีค่าคงที่สามารถทำได้โดยการเพิ่มระบบควบคุมเสริมให้กับตัวเอสวีซี ความชัน (Slope) หรือกระแสครูป (current droop) คือความชันหรือดรูพของเส้นกราฟช่วงการทำงานแบบเชิงเส้น สามารถจำกัดความได้ว่าเป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดผลต่างของแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงต่อขนาดผลต่างของกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง

5.3 การออกแบบและกำหนดค่าอุปกรณ์ การชดเชยกำลังไฟฟารีแอคทีฟด้วยเอสวีซี ดังภาพที่ 4 เป็นระบบไฟฟ้าอ้างอิงประกอบด้วย แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (V_s) แบบจำลองสายส่งที่มีตัวต้านทาน (R_x) ตัวเหนี่ยวนำ (L_x) ชดเชยกำลังไฟฟารีแอคทีฟด้วยเอสวีซี โหลดตัวต้านทาน (R - Load) และตัวเหนี่ยวนำ (L - Load) ดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ระบบไฟฟ้าอ้างอิงการชดเชยกำลังไฟฟารีแอคทีฟด้วยเอสวีซี
ที่มา : (ชิตณรงค์ สุขน้อยและคณะ.2560)

จากภาพที่ 4 สามารถคำนวณหาตัวพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเลือกค่าตัวเก็บประจุเอสวีซีโดยในที่นี้กำหนดพิกัดการจ่ายกำลังไฟฟารีแอคทีฟสูงสุดขนาด 630 วาร์ ที่แรงดันไฟฟ้า 100 โวลต์ สามารถคำนวณหาตัวเก็บประจุจาก

$$C = \frac{Q}{2\pi fV^2} \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ พิกัดของกำลังไฟฟ้าเอสวีซีมีหน่วยเป็น วาร์ (Var)

V คือ แรงดันไฟฟ้าในระบบ หน่วยเป็นโวลต์ (V)

F คือ ค่าความถี่ มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz)

$$C = \frac{630}{2\pi \times 50 \times 100^2} = 200 \mu F$$

การเลือกตัวเหนี่ยวนำ (L) โดยมีข้อกำหนดที่ว่าค่าตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำจะต้องมีค่าเท่ากันเพื่อให้กระแสเกิดการหักล้างกันขณะที่ยังไม่มีกระแสจ่ายกำลังไฟฟ้าสามารถคำนวณจาก

$$X_C = X_L = 2\pi fL \quad (2)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 200 \times 10^{-6}} = 15 \Omega$$

$$L = \frac{X_C}{2\pi f} = \frac{15}{2\pi \times 50} = 50 \text{ mH}$$

5.4 การจำลองการทำงานของการทำงานของการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟด้วยเอสวีซีซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นในการออกแบบระบบควบคุม เพื่อให้สามารถพยากรณ์หรือทดสอบระบบตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ก่อนการลงมือสร้างจริง การชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟนี้ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Matlab/Simulink (MATLAB7. 1986-2006) จำลองการทำงานและเปรียบเทียบระหว่างระบบไฟฟ้าที่ไม่มีการชดเชยกำลังไฟฟ้า และมีการชดเชยกำลังไฟฟ้าด้วยเอสวีซี โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของระบบเป็นไปตาม ตารางที่ 1

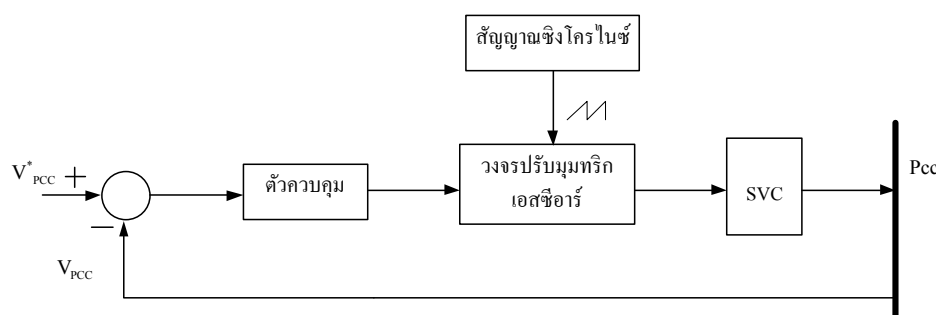
ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้จำลองของระบบ

ลำดับที่	อุปกรณ์	ชื่อย่อ	ขนาด/พิกัด	จำนวน(ตัว)
1	แหล่งจ่ายแรงดันไฟสลับ	Vs	100 V	1
2	เอสซีอาร์	SCR	x	2
3	ตัวเหนี่ยวนำ	L	50 mH	1
4	ตัวเก็บประจุ	C	200 uF	1
5	ความต้านทานสายส่ง	Rx	1 Ω	1
6	ตัวเหนี่ยวนำสายส่ง	Lx	3 mH	1
7	ความต้านทานโหลด	R_Load	5 Ω	1
8	ตัวเหนี่ยวนำโหลด	L_Load	5 mH	1

X = พิกัดที่ระบุตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรมจำลอง



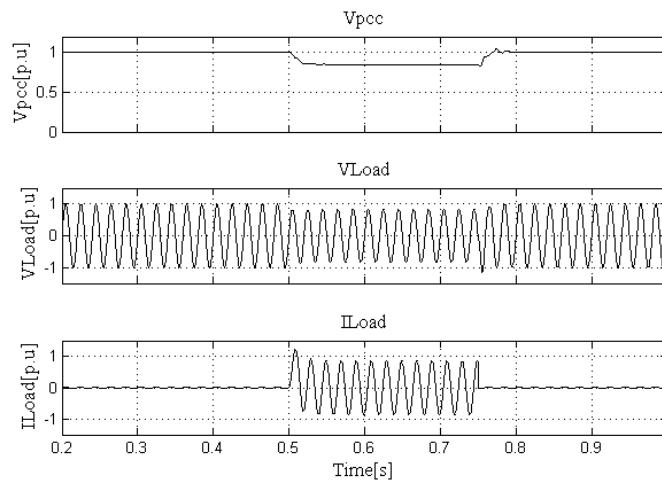
การออกแบบควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้าอ้างอิงสำหรับชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซี ดังภาพที่ 4 เพื่อจะสั่งมอดูลทริกเอสซีอาร์ทำงานแบบอัตโนมัติที่ทำให้กระแสไฟฟ้า I_L ถูกปรับเปลี่ยนตามการเปลี่ยนแปลงของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่โหลด ส่วนกระแสไฟฟ้า I_C จะไม่มีการปรับแต่งการไหลของกระแสไฟฟ้าแต่จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดแรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อ โดยกระแสไฟฟ้า I_{SVC} จะเกิดจากผลรวมระหว่างกระแสไฟฟ้า I_L และกระแสไฟฟ้า I_C หากกระแสไฟฟ้า I_L ถูกเปลี่ยนแปลงไปที่เกิดจากมอดูลทริกเอสซีอาร์ก็จะทำให้กระแสไฟฟ้า I_{SVC} ถูกเปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนที่สัมพันธ์กัน เป็นผลให้เกิดการไหลกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟขึ้นตามหลักการของวงจรไฟฟ้า ดังนั้นระบบควบคุมจึงเป็นตัวกำหนดการไหลของกำลังไฟฟ้าตามที่ต้องการ การออกแบบระบบควบคุมให้สามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่แม้มีการเปลี่ยนแปลงโหลดอย่างรวดเร็ว จะมีการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อ V_{PCC} และนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง V_{PCC}^* ผลต่างที่ได้จะนำมาปรับแต่งของระบบควบคุมเพื่อกำหนดค่ามอดูลทริกที่ป้อนให้กับเอสซีอาร์ สำหรับควบคุมการไหลกระแสไฟฟ้าตัวเหนี่ยวนำ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ไดอะแกรมของระบบควบคุมอ้างอิง
ที่มา : (J. C. Basilio and S. R. Matos. 2002)

หาค่าตัวแปรของระบบควบคุมด้วยวิธีการของ Ziegler-Nichols ใช้การควบคุมแบบมาตรฐาน PI control ตามแนวคิดที่อธิบายไว้ใน (J. C. Basilio and S. R. Matos. 2002)

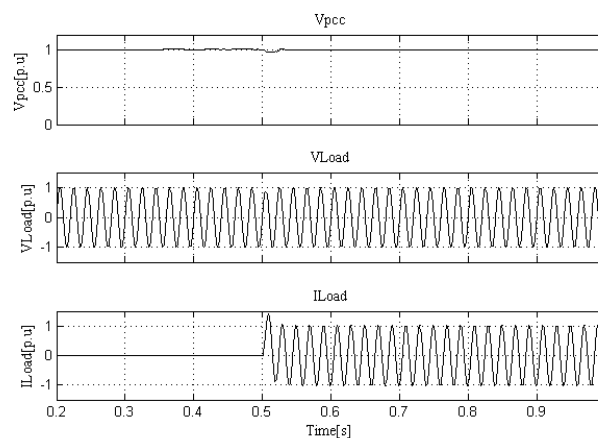
5.5 การจำลองกรณีไม่มีการชดเชยกำลังไฟฟ้า การจำลองการทำงานของระบบไฟฟ้าอ้างอิงในสภาวะการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด ด้วยการต่อโหลดเข้าในระบบด้วยการกดสวิตช์ SW ในขณะที่ระบบไม่มีเอสวีซีต่อในระบบ ดังในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แรงดันไฟฟ้า V_{PCC} , V_{Load} ,และกระแสไฟฟ้า I_{Load} ในกรณีที่ไม่มีการชดเชย

ผลการจำลองดังรูปที่ 6 กราฟเส้นบนสุดแสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าจุดเชื่อมต่อ V_{PCC} จะตกลงทันทีประมาณ 0.2pu ขณะต่อโหลดที่เวลา $t = 0.5s$ แรงดันไฟฟ้านี้จะตกลงที่ค่านี้นจนกระทั่งโหลดถูกปลดออกที่เวลา $t = 0.75s$ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าจึงกลับมาเป็นปกติที่ค่า 1.0pu เช่นเดียวกันกราฟเส้นกลางแสดงแรงดันไฟฟ้า V_{PCC} รูปคลื่นไซน์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงขณะต่อโหลดที่เวลาดังกล่าว และกราฟเส้นล่างสุดแสดงกระแสไฟฟ้าโหลดที่ไหล ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกลักษณะนี้เกิดจากกระแสไฟฟ้าโหลดที่เพิ่มขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งจ่ายสูงขึ้นทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสายส่งสูงขึ้น แล้วส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้า V_{PCC} ลดลง จะเห็นได้ว่าระบบไฟฟ้าอ้างอิงที่ไม่เอสวิชี่จะไม่สามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้ขณะที่มีการต่อโหลดเข้าในระบบ

5.6 การจำลองกรณีมีการชดเชยกำลังไฟฟ้า เมื่อระบบไฟฟ้าอ้างอิงมีเอสวิชี่ต่อในระบบ และทำการจำลองเช่นเดียวกรณีไม่มีการชดเชย ผลการจำลอง ดังในภาพที่ 7

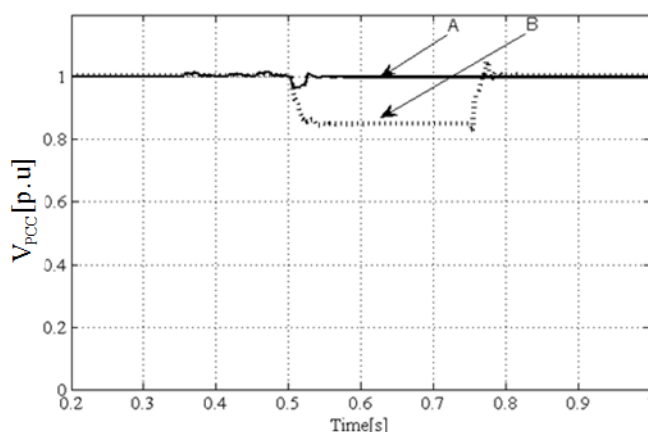


ภาพที่ 7 แรงดัน V_{PCC} , V_{Load} ,และกระแส I_{Load} ในกรณีมีการชดเชย



กราฟเส้นบนสุดแสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อ V_{PCC} ถูกยกระดับแรงดันไฟฟ้าให้กลับมาเป็นปกติที่ค่า 1.0 pu ขณะที่มีการต่อโหลดที่เวลาดังกล่าวเช่นเดียวกันกราฟเส้นกลางแสดงแรงดันไฟฟ้า V_{PCC} รูปคลื่นไซน์และกราฟเส้นล่างสุดแสดงค่ากระแสไฟฟ้าโหลดที่ไหล ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบไฟฟ้าอ้างอิงที่มีเอสวีซีนั้นสามารถรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้ขณะที่มีการต่อโหลด

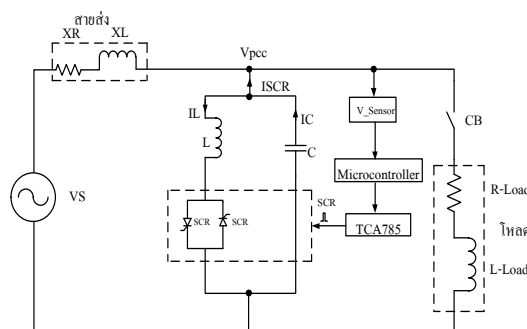
เพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการชดเชยกำลังไฟฟ้าที่นำเสนอได้นำผลการจำลองขนาดของแรงดันไฟฟ้า V_{PCC} กรณีมีและไม่มีเอสวีซีในระบบไฟฟ้าอ้างอิงนำมาพิจารณาในเชิงเปรียบเทียบดังในภาพที่ 8



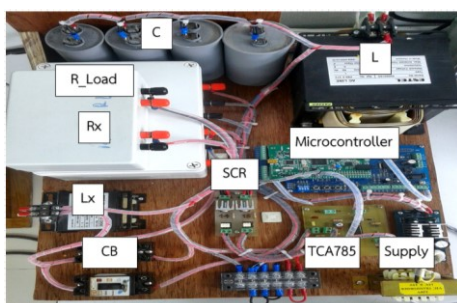
ภาพที่ 8 แรงดัน V_{PCC} กรณีมีและไม่มีกรชดเชย

โดยที่กราฟ B แสดงขนาดของแรงดันไฟฟ้า V_{PCC} กรณีไม่มีเอสวีซีชดเชยกำลังไฟฟ้าทำให้ขนาดของแรงดันไฟฟ้า V_{PCC} ตกลงแปรตามโหลดและค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งและลดลงประมาณ 20% ในทางตรงกันข้ามเมื่อมีการชดเชยกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีการที่นำเสนอ ขนาดแรงดันดังกล่าวนี้จะมีเสถียรภาพสูงขึ้นดังแสดงด้วยกราฟ A ซึ่งแรงดันไฟฟ้า V_{PCC} ถูกรักษาให้คงที่ 1.0 pu อยู่ตลอดเวลา จะมีแต่ในช่วงเริ่มที่เกิดการเปลี่ยนแปลงโหลดเท่านั้นที่แรงดันไฟฟ้านี้ตกลงอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากที่ระบบควบคุมรับรู้และตอบสนองด้วยการปรับการทำงานมมูทริกเอสซีอาร์เกิดการไหลของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟก็ทำให้แรงดันไฟฟ้ากลับมาอยู่ในระดับอ้างอิงภายในเวลาอันรวดเร็ว

5.7 การทดสอบ การทดสอบเพื่อเป็นการยืนยันในทางปฏิบัติว่ารูปแบบที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ได้จริง จึงสร้างชุดสาคิตการชดเชยกำลังไฟฟ้าตามโครงสร้างระบบอ้างอิง ดังในภาพที่ 9 และดังในภาพที่ 10 แสดงโครงสร้างชุดสาคิตการชดเชยกำลังไฟฟ้าจริง การกำเนิดสัญญาณทริก SCR วิธีการซิงโครไนซ์ระหว่างมมูทริกของสัญญาณทริกและรูปคลื่นไซน์ของแหล่งจ่ายใช้ไอซี TCA785 จะกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมที่มีความถี่เดียวกับแหล่งจ่ายและมีเฟสตรงกัน โดยที่สัญญาณแรงดันที่ป้อนเข้าไอซี TCA785 จะเป็นสัญญาณที่ผ่านกระบวนการปรับแต่งที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดของสัญญาณนี้จะถูกควบคุมให้สอดคล้องกับสัญญาณทริก SCR ที่ควรจะเป็นเพื่อให้การไหลของกำลังไฟฟ้าเป็นไปตามความต้องการ

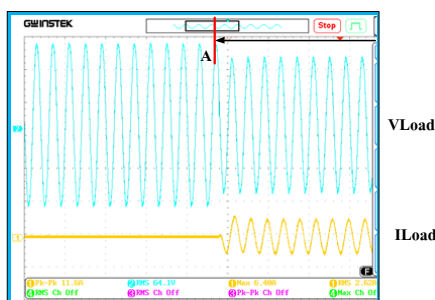


ภาพที่ 9 โครงสร้างระบบอ้างอิง



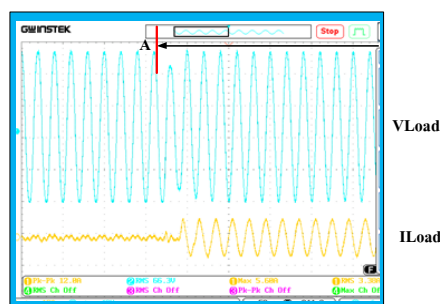
ภาพที่ 10 ชุดสาธิตการชดเชยกำลังไฟฟ้า

การทดสอบจะกระทำในลักษณะเช่นเดียวกับการจำลองกรณีที่ระบบไม่มีการชดเชย กำลังไฟฟ้าด้วยเอสวีซีผลการทดสอบ ดังในภาพที่ 11 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อการต่อโหลดเข้าระบบจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่โหลด V_{Load} ตกลงทันทีที่เวลา A (กราฟเส้นบน) เช่นเดียวกับกระแสไฟฟ้าโหลด I_{Load} ที่ไหลขณะที่มีการต่อโหลดดังกราฟเส้นล่าง



ภาพที่ 11 แรงดันไฟฟ้า V_{Load} และกระแสไฟฟ้า I_{Load} ขณะไม่มีเอสวีซี

ส่วนการทดสอบกรณีที่ระบบมีการปรับปรุงด้วยรูปแบบที่นำเสนอผลการทดสอบ ดังในภาพที่ 12 กราฟเส้นบนแสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหลดจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าถูกรักษาให้คงที่ไว้ได้ภายในเวลา 20 ms ถึงแม้ว่าจะมีการต่อโหลดเข้าระบบที่เวลา A ก็ตาม ส่วนกราฟเส้นล่างแสดงกระแสไฟฟ้าโหลดที่ไหลขณะที่มีการต่อโหลด



ภาพที่ 12 แรงดัน VLoad และ ILoad ทดสอบขณะไม่มีเอสวีซี

6. สรุปผลการวิจัย

ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะมักจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดในระบบไฟฟ้า เช่น การต่อเข้าและปลดออกโหลดขนาดใหญ่ หรือผลกระทบจากการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันเป็น ปัญหาหนึ่งของการขาดเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซีดังผลที่ได้จากการจำลองการทำงานและทดสอบจริงจากชุดสาธิตชดเชยกำลังไฟฟ้าซึ่งพบว่าระบบที่ไม่มีการชดเชยกำลังไฟฟ้าจะทำให้แรงดันที่จุดเชื่อมต่อตกทันทีเมื่อมีการต่อโหลดเข้าในระบบไฟฟ้า แต่เมื่อระบบไฟฟ้ามีเอสวีซีที่นำเสนอจะทำให้แรงดันไฟฟ้าตกดังกล่าวถูกยกระดับแรงดันให้คงที่ด้วยความรวดเร็วภายในเวลา 20 ms สามารถแก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะและยังเพิ่มเสถียรภาพของแรงดันในระบบไฟฟ้าจึงเป็นการยืนยันว่ารูปแบบที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ได้จริงเป็นข้อมูลชี้แนะในการออกแบบสร้างการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซีจริงในอนาคต

7. สรุปและอภิปรายผล

จากระบบไฟฟ้าอ้างอิงที่ไม่มีและมีการชดเชยกำลังไฟฟ้าผลการจำลองและทดสอบชุดสาธิตชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยเอสวีซี พบว่าในระบบที่ไม่มีการชดเชยกำลังไฟฟ้าจะเกิดแรงดันไฟฟ้าตก ณ จุดต่อโหลด เมื่อมีการจ่ายโหลดเพราะกระแสไฟฟ้าไหลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมอิมพีแดนซ์ของสายส่ง แต่เมื่อเพิ่มเอสวีซีเข้าไปในระบบเดียวกันนี้ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกดังกล่าวจะถูกยกระดับขึ้นมาด้วยความรวดเร็วให้อยู่ในเกณฑ์ที่เรากำหนดไว้ ซึ่งการตอบสนองของเอสวีซีต่อปรากฏการณ์นี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วในการควบคุมที่ออกแบบไว้บนพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และจากผลการจำลองการทำงานและการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงด้วยรูปแบบที่นำเสนอดังกล่าวนี้นี้มีความไวพอสำหรับการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟชั่วขณะ และสามารถรักษาขนาดของแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ได้อย่างรวดเร็ว และเป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบควบคุมสำหรับแก้ปัญหาความผิดปกติในระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้จากการศึกษาวิจัยการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยตัวชดเชยกำลังไฟฟ้าแบบขนานหรือเอสวีซีสามารถช่วยแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะที่มีมักจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงโหลดในระบบไฟฟ้าและยังช่วยรักษาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า

8.2 ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป งานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ตัวชดเชยกำลังไฟฟ้าแบบขนานมาใช้ในระบบไฟฟ้าไฟฟ้า 3 เฟส สำหรับแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะที่เกิดจากความผิดปกติในระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้

9. เอกสารอ้างอิง

กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตพิชญ์.(2558).เทคนิคการควบคุมเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า : ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น. กรุงเทพฯ.

ณัฐวุฒิ ที่จันทัก.(2557).การเพิ่มเสถียรภาพระบบไฟฟ้าด้วยเอสวีซีแบบเสริมวงจรหม่วง.

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

ชิตณรงค์ สุน้อยและคณะ.(2560).ชุดสาธิตชดเชยกำลังไฟฟ้าแบบรีแอคทีฟ.ปริญญาานิพนธ์

อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ไชยชาญ หินเกิด.(2551). **Electrical machines 2**.พิมพ์ครั้งที่ 7.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น) : กรุงเทพฯ.

IEEE std (1159-1995). **IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality**.

J. C. Basilio and S. R. Matos. (2002). “Design of PI and PID Controllers with Transient Performance Specification”. IEEE Transactions on Education, Vol. 45, No. 4, pp. 364-370.

MATLAB7. (1986-2006) . **Simulink 6.0 / SimPowerSystems**. The MathWorks Inc.

P. Kundur. (1994). **Power System Stability and Control**. McGraw-Hill Inc.

R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso, and H. W. Beaty.(2002).“ **Electrical Power SystemsQuality**” . McGraw Hill.

R. Mohan Mathur and Rajiv K. Varma. (2002). **THYRISTOR-BASED FACTS CONTROLLERS FORELECTRICAL TRANSMISSION SYSTEMS**. IEEE Press : New York.

R. P.Singh, S. K. Bharadwaj, R. K. Singh. (2014). “**Flexible AC Transmission System Controllers: A State of Art**”. International Journal of Electronic and Electrical Engineering. ISSN 0974-2174 Volume 7, Number 8 pp. 843-850.

Y.H. Song and A.T. Johns. (1999). **Flexible AC transmission systems (FACTS)**, IEEE Power and Energy Series30 : London. UK .



การสร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระด้าง

The Construction of Splitting Bamboo Machine for Producing Threshing Basket Frame

ภาคภูมิ ใจชมพู^{1*} ไกรลาศ ดอนชัย^{2*} มนตรี แก้วอยู่^{3*} อธิรุทธ ขอดแก้ว^{4*} และพินิจ บุญเยี่ยม^{5*}

^{1*,2*,3*,4*,5*} มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

โทร.086-5917-786 E-mail : Pakpoomjai@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระด้าง เพื่อให้กระด้างมีความแข็งแรง ระบบการทำงานของเครื่องจะมีลูกกลิ้งทั้งหมด 2 ชุด ในการดึงไม้ไผ่เข้าสู่กระบวนการทำงาน โดยจะมีสปริงเป็นตัวช่วยยืดหยุ่น ในกรณีขนาดของไม้ไผ่ไม่เท่ากัน ส่วนชุดใบมีดจะมีทั้งหมด 3 ชุด จะถูกยึดติดกับตัวเครื่อง ส่งกำลังโดยใช้ระบบสายพานและโซ่ โดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง จากการทดลองพบว่า เครื่องผ่าไม้ไผ่ที่สร้าง ใช้เวลาในการผ่าไม้ไผ่เฉลี่ย 8.14 วินาทีต่อชิ้น ขนาดความกว้างเฉลี่ย 25.33 มิลลิเมตร และขนาดความหนาเฉลี่ย 4.23 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับแรงงานคน ใช้เวลาในการผ่าไม้ไผ่เฉลี่ย 136.62 วินาทีต่อชิ้น ขนาดความกว้างเฉลี่ย 25.75 มิลลิเมตร และขนาดความหนาเฉลี่ย 4.2 มิลลิเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า เครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระด้างสามารถช่วยลดเวลาในการทำงานของแรงงานคนได้ โดยมีประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องอยู่ที่ 97 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : เครื่องผ่า, ไม้ไผ่, ขอบกระด้าง

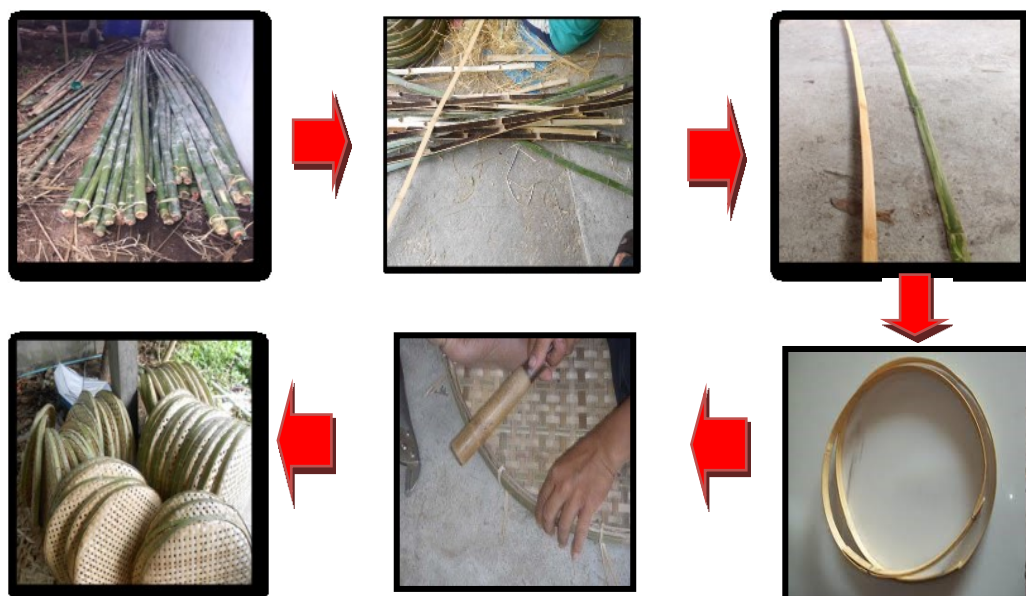
Abstract

The objective of this research were to construct and finding efficiency of splitting bamboo machine for producing threshing basket frame. The major component of the machine designed consist of 2 sets of rollers to pull the bamboo into working process and springs that flexible to each size of bamboo was different, 3 sets of blades which were fixed with the machine and transmitted the power by V - belt system and chain. Moreover, the motor was applied as the power starter. The result showed that splitting of bamboo by designed machine averagely spent 8.14 seconds to splitting a bamboo stem for dimension 25.33 mm. width and 4.23 mm. thickness. Whereas average time for splitting the splitting the bamboo by labor was 136.62 second per a bamboo stem for dimension 25.75 mm. width and 4.20 mm. thickness. As result, it can be found that the splitting bamboo machine can distinctively reduce the operating time in this task when comparing with splitting a bamboo stem by labor, and the working efficiency of designed machine was 95%.

Keyword : The Splitting Machine, Bamboo, Basket Frame

1. บทนำ

ชุมชนเครื่องจักสาน บ้านลานตาเกลี้ยง หมู่ 2 ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดตาก เป็นชุมชนที่ได้รับการส่งเสริมหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) รหัส 63010036 ประเภทจักสานไม้ไผ่ (ตะแกรง) และได้รับการประกวดคัดเลือกระดับ 3 ดาวเมื่อปี 2553 ซึ่งทางชุมชนได้จัดทำเครื่องจักสานจากไม้ไผ่ นอกเหนือจากตะแกรงยังมีผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิด เช่น กระจาด กระดัง ตะกร้า แต่ในชุมชนจะสานกระดัง หรือกระแตง (ภาษาท้องถิ่น บ้านลานตาเกลี้ยง) เป็นหลักเพราะความต้องการของลูกค้าที่สูงมาก โดยมีพ่อค้าบางส่วนมารับซื้อถึงที่ และบางส่วนจะนำไปขายต่อในจังหวัดต่างๆ เช่น จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดราชบุรี จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้นและในการผลิตนั้นจะมีขั้นตอนการผ่าไม้ไผ่เพื่อทำขอบกระแตง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ย่างยากใช้เวลาในการผลิตมากกว่าชิ้นส่วนอื่นจนเกิดความล่าช้าไม่ทันต่อความต้องการของตลาด ขนาดของไม้ไผ่แต่ละชิ้นที่ทำการผ่าก็จะมีขนาดที่ไม่เท่ากันและในการทำผู้ปฏิบัติงานอาจเกิดอันตรายจากคมมีดหรือคมไม้ไผ่ได้ ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการการผลิตกระดัง

ดังนั้นคณะผู้วิจัยเห็นสมควรว่า ควรแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยสร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่ สำหรับงานขอบกระดัง เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์ด้านหัตถกรรม และมีความปลอดภัย ซึ่งจะสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับกลุ่มจักสานบ้านลานตาเกลี้ยงได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระดัง ให้ชุมชนเครื่องจักสาน บ้านลานตาเกลี้ยง

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระดัง



3. ประโยชน์ของการวิจัย

3.1 เครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระดังที่สร้าง ช่วยให้ชุมชนเครื่องจักสานบ้านลานตาเกลี้ยง ประหยัดเวลาในการผ่าไม้ไผ่ ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตในการผลิตกระดังให้มากยิ่งขึ้น และได้ไม้ไผ่ที่มีขนาดเท่า ๆ กัน ทำให้งานกระดังมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน เป็นตามมาตรฐาน OTOP ให้ดียิ่งขึ้น

3.2 เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่ในงานลักษณะอื่น ๆ ต่อไป

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 ไม้ไผ่ต้องเป็นไม้ไผ่ข้างที่ผ่านการผ่าให้เป็นซี่ๆมาแล้ว มีขนาดความกว้างไม่เกิน 38 มิลลิเมตร ความหนา 8 มิลลิเมตร

4.2 สร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่มีขนาด 700 x 1000 x 1000 มิลลิเมตร มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า 220 โวลต์ 1 เฟส

4.3 ขนาดความกว้างของไม้ไผ่ในการผ่า 25 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร

5. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) โดยการวิจัยจะประกอบด้วย ชุมชนจักสานบ้านลานตาเกลี้ยง และคณะผู้วิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ และดังในตารางที่ 1

5.1 ติดต่อประสานงานรวบรวมข้อมูลปัญหาความต้องการกับกลุ่มจักสานบ้านลานตาเกลี้ยง ต.น้ำร้อน อ.เมือง จ.ตาก

5.2 ออกแบบและจัดสร้างเครื่องเครื่องผ่าไม้ไผ่ สำหรับงานขอบกระดัง

5.2.1 ศึกษาข้อมูลการผลิตไม้ไผ่ในปัจจุบัน เพื่อกำหนดกำลังผลิต คู่/วัน ของเครื่อง เทียบกับการใช้แรงงานคน

ตารางที่ 1 ข้อมูลการผลิตไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระดังโดยใช้แรงงานคน

การผ่าขอบกระดังโดยใช้แรงงานคนต่อ 1 คู่ (นาท)				เครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระดังที่สร้างขึ้น (คาดการณ์ว่า) จะได้ขอบกระดัง 4 คู่ ต่อ 1 นาท
ครั้งที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	2.47	2.40	2.34	
2	2.03	2.33	2.27	
3	2.10	2.18	2.12	
4	2.37	2.34	2.25	
5	2.35	2.43	2.45	
$\bar{x}$	2.26	2.33	2.28	

จากตารางที่ 1 เป็นข้อมูลการผลิตไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระดังโดยใช้แรงงานคนในการผ่าไม้ไผ่ เพื่อกำหนดกำลังการผลิต ของเครื่องก่อนที่จะออกแบบสร้างเครื่องขึ้นมา ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ไป

เก็บข้อมูลจากชาวบ้าน จำนวน 3 คนที่ผลิตกระดังทำเป็นประจำทุกวันและมีความชำนาญ ในการเก็บข้อมูลจะกำหนดให้ไม้ไผ่ผ่าเป็นซี่มาแล้ว โดยผู้วิจัยจะเริ่มจับเวลาขณะที่ชาวบ้านเริ่มผ่าตาไม้ไผ่ออก จนถึงผ่าครั้งไม้ไผ่สำเร็จถึงจะหยุดเวลา จับเวลาจำนวน 5 ครั้ง ต่อ 1 คน ผลการจับเวลาเฉลี่ยคนที่ 1 ได้ เวลา 2.26 นาทีต่อ 1 คู่ คนที่ 2 เวลา 2.33 นาที ต่อ 1 คู่ และคนที่ 3 ใช้เวลา 2.28 นาที ต่อ 1 คู่ พร้อมกับผู้วิจัยได้กำหนดว่าเครื่องผ่าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระดังที่สร้างขึ้นจะสามารถผ่าไม้ไผ่ได้ 4 คู่ ต่อ 1 นาที ดังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเตรียมขอบกระดังโดยใช้แรงงานคน

5.2.2 ออกแบบเครื่องผ่าไม้ไผ่ สำหรับงานขอบกระดัง มีดังนี้

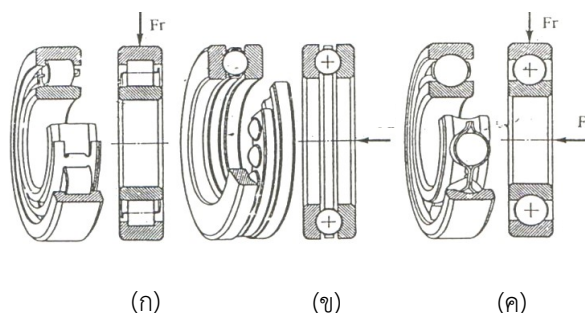
1) การเลือกกระบบส่งกำลัง (อำพล ชือตรง, 2536) ประเภทระบบแมคคานิคใช้ กลไกหรือชิ้นส่วนต่างๆ เป็นตัวส่งกำลัง เช่น เฟือง สายพาน เพลา โซ่ การส่งกำลังด้วยแมคคานิค คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ระบบส่งกำลังระบบเดียวคือ การส่งกำลังด้วยสายพาน หมายถึง การส่งกำลัง จากเพลาหนึ่งไปอีกเพลาหนึ่ง โดยทำการเชื่อมต่อตัวต้นกำลังโดยส่งกำลังผ่านทางล้อสายพาน โดยอาศัยความฟืดของล้อสายพานกับสายพาน มีประสิทธิภาพการส่งกำลังได้สูงถึง 98 เปอร์เซ็นต์และ ยืดหยุ่นการส่งกำลังได้ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ คณะผู้วิจัยได้เลือกสายพานลิ่ม V - Belt ร่อง B ทั้งนี้ ก็ เพราะผิวสัมผัสระหว่างสายพานกับล้อสายพานมีมากกว่าชนิดอื่น จึงทำให้เกิดการลื่นไถล (Slip) ระหว่างสายพานกับล้อสายพานเกิดขึ้นได้น้อยกว่าจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ส่งกำลังของเครื่องผ่าขอบ กระดัง ซึ่งสายพานลิ่ม เป็นสายพานรูปตัววีที่เรียกกันว่า V - Belt ใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องทุ่น แรงในงานเกษตรกรรมและงานอุตสาหกรรม สายพานลิ่มส่วนใหญ่จะผลิตแบบไม่มีปลายเป็นสายพาน ทำจากยางมีภาพตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูครึ่งหนึ่งด้านบนมีเส้นโพลีเอสเตอร์ที่ผ่านการวัลเค ไนท์ซึ่งผ่านมาแล้วแทรกอยู่ทำให้ค่าความต้านแรงดึงจะเพิ่มสูงขึ้นสายพานลิ่มชนิดที่มีชั้นใยสังเคราะห์ หุ้มอยู่รอบๆ จะช่วยป้องกันการสึกหรอได้อีกด้วยสายพานลิ่มจะไม่รับแรงตามแนวรัศมี โดยตรงเหมือน สายพานแบน แต่จะรับแรงตามแนวตั้งฉากกับด้านข้างของสายพานลิ่ม สายพานลิ่มที่มีความตึงและ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับสายพานแบนจะสามารถส่งกำลังได้ดีกว่าสายพานแบนได้ถึง 3 เท่า

2) การเลือกตลับลูกปืน (Bearing) ตลับลูกปืนคือชิ้นส่วนเครื่องกลที่รองรับ เพลา เพื่อให้เพลารับภาระและหมุนได้เป็นไปอย่างราบรื่น ปลอดภัย และมีอายุการใช้งานทนนาน นอกจากนี้ต้องแข็งแรงและมีความเที่ยงตรง ตลับลูกปืนเหมาะสมสำหรับภาระที่ไม่มาก ถ้าใช้ในงาน



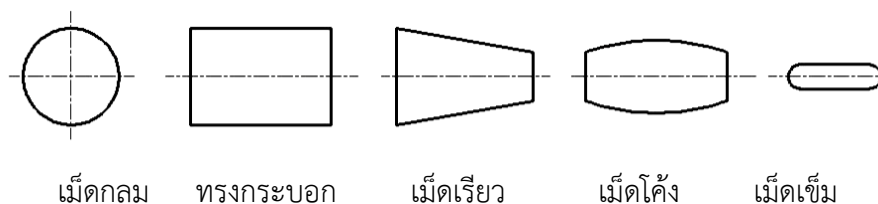
ที่มีความเร็วต่ำ อายุการใช้งานของตลับลูกปืนจะสูงขึ้น ในช่วงเริ่มหมุนจะมีความฝืดน้อย จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างว่าเป็นชิ้นส่วนที่ไม่มี ความฝืด (Antifriction) แต่ที่จริงแล้วมีความฝืดจากการต้านทานการกลิ้งระหว่างเม็ดลูกปืนนอกจากนี้ยังเกิดการเสียดสีของสารหล่อลื่นตลับลูกปืนมีหลายชนิดด้วยกันและแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับ การออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละลักษณะ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 3 ชนิดใหญ่ ๆ คือ และดังในภาพที่ 3 - 4

- Ball Bearing เหมาะสำหรับแรงในแนวรัศมีที่มีภาระไม่สูงมากเกินไป
- Roller Bearing เหมาะสำหรับแรงในแนวรัศมีที่มีภาระสูงๆ
- Thrust Bearing เหมาะสำหรับรับแรงในแนวแกนที่มีภาระไม่สูงเกินไป



ภาพที่ 3 ลักษณะของตลับลูกปืนสำหรับรับแรงในแนวต่าง ๆ

(ก) Cylindrical Roller Bearing (ข) Ball Thrust Bearing (ค) Deep Groove Ball Bearing



ภาพที่ 4 ลักษณะของเม็ดลูกปืนแบบต่างๆ

ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ชุดตลับลูกปืนวายสำหรับรับแรงในแนวต่าง ๆ ของบริษัท SKF และเลือกตลับลูกปืนตามข้อ (ก) Cylindrical Roller Bearing เลือกใช้ตลับลูกปืนชนิดนี้เพราะสามารถรับแรงในแนวรัศมีที่มีภาระไม่สูงมากเกินไปได้ดี ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้กับเครื่องผ้าไม่ไผ่สำหรับงานขอบกระด้าง

3) การเลือกชุดเฟืองทด ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วๆ ไปที่นิยมต้องการใช้ความเร็วรอบต่ำมาก ๆ มักจะไม่นิยมใช้ล้อยาวหลาย ๆ ตัวมาทดรอบกัน เพราะจะทำให้เปลี่ยนเนื้อที่ในการติดตั้งล้อยาวพวกนี้นั้น จึงนิยมใช้ชุดเฟืองทดมาทดแทนการทดรอบด้วยล้อยาว เพราะชุดเฟืองทดให้อัตราทดที่แน่นอนกว่าล้อยาวโดยชุดเฟืองทมนั้นมีอัตราทดรอบที่ใช้หลายชุดเช่นชุดอัตราทด 1 : 20 , 1 : 30 , 1 : 40 , 1 : 60 เป็นต้น ดังในภาพที่ 5 ตัวอย่างการดูอัตราทด 1 : 30 หมายถึงเฟืองที่หมุนเข้าชุดเฟืองทด 30 รอบแต่ออกจากชุดเฟืองทดเท่ากับ 1 รอบ

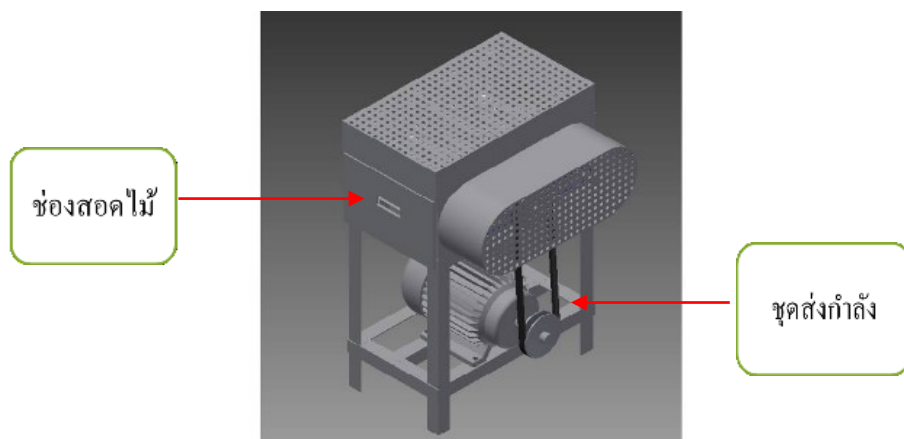


ภาพที่ 5 ชุดเฟืองทด

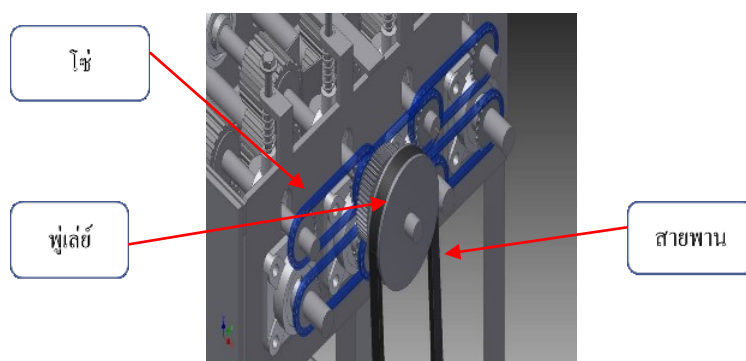
ที่มา : (จำรูญ ตันติพิศาล. 2542)

4) การเลือกใช้สปริง (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, 2541) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่รับภาระแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบยืดหยุ่น งานที่ทำให้เกิดเปลี่ยนรูปนี้จะเป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในสปริง เมื่อคลายภาระที่กระทำต่อสปริง พลังงานนี้ก็จะสูญหายไป ตัวอย่างหน้าที่การทำงานของสปริงก็คือ การรับแรงกระแทก แรงสั่นสะเทือน ประเภทของสปริงหากแบ่งตามชนิดของภาระจะแบ่งได้เป็นสปริงกด สปริงแบบบิดสปริงแผ่น สปริงแบบเพลลาบิด สปริงชดกันหอย สปริงจาน สปริงวงแหวน สปริงยาง สปริงนิวเมติกส์ จากการที่สร้างเครื่องผ่าขอบกระดัง ได้เลือกสปริงกดแบบอัด เพราะสามารถควบคุมการปรับระยะขึ้นลงของลูกกลิ้งตามขนาดความหนาของไม้ได้

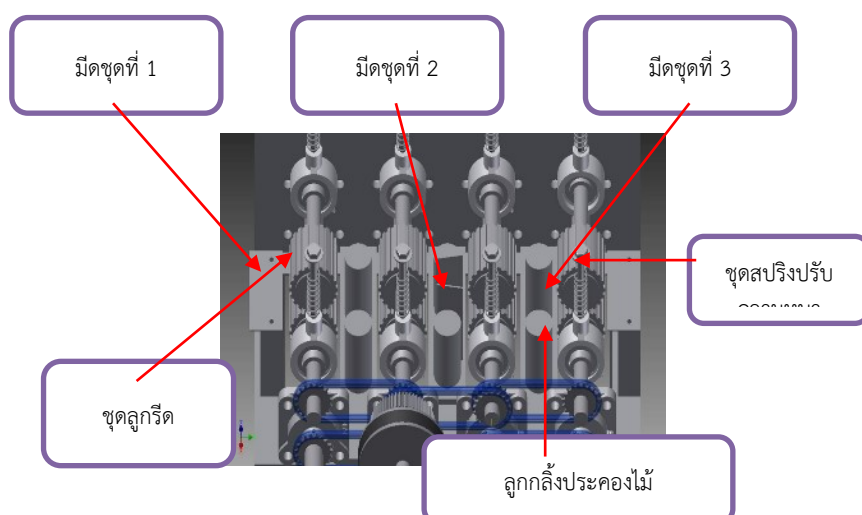
5) การเลือกระบบขับเคลื่อนด้วยเฟืองด้วยโซ่ส่งกำลัง (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, 2541) ในการส่งกำลังและการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับได้พร้อมกันหลายๆ เฟลา ซึ่งมีทิศทางหมุนตามกันหรือสวนทางกันก็ได้ ในการส่งกำลังด้วยโซ่เมื่อใช้งานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงจะเกิด การสึกหรอของข้อโซ่ และความต้านแรงล้าของชิ้นส่วนโซ่ นอกจากนี้แล้ว ถ้าใช้งานด้วยความเร็วสูง จะต้องคำนึงถึงแรงที่จะเกิดขึ้นในโซ่ เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง ในการขับโดยโซ่หลายเส้นขนานกันเป็นสองชั้นหรือสามชั้น อาจทำให้แรงที่กระทำกับโซ่ไม่กระจายไปเท่าๆ กัน ตลอดความกว้างของโซ่ และถ้าหล่อลื่นไม่ดีพอ ก็จะเป็นสาเหตุประการสำคัญที่ทำให้โซ่สึกหรอได้มาก คณะผู้วิจัยได้เลือกโซ่แบบถอดได้ ซึ่งโซ่ประเภทนี้เป็นโซ่เหล็กเหนียวที่พัฒนาขึ้นมาก่อนและแก้ไขได้ง่ายที่สุดในบรรดาโซ่ลำเลียงทั้งหมด โซ่อันหนึ่งจะเกี่ยวเข้ากับราวทรงกระบอก ที่ปลายข้อต่อโซ่อันถัดไปเพื่อฟันหรือเกยกันให้เป็นโซ่ข้อต่อโซ่อาจจะประกอบเข้า หรือถอดออกได้อย่างง่ายดายโดยการแหว่งข้อต่อโซ่ ในทิศทางที่ถูกต้องและเลื่อนปลายราวออกจากข้อต่อโซ่ที่อยู่ติดกันโซ่แบบนี้เดิมทีได้ออกแบบเป็นตัวส่งถ่ายกำลังหรือโซ่ขับและใช้กันมากในเครื่องกลเกษตรได้มีการดัดแปลงให้เหมาะสำหรับงานเบา ๆ และ อุปกรณ์ช่วยขนถ่าย ระยะพิทช์ของโซ่ มีตั้งแต่ 1 - 4 นิ้ว ดังในภาพที่ 6 - 14



ภาพที่ 6 การออกแบบเครื่องผ้าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระด้าง



ภาพที่ 7 การออกแบบระบบส่งกำลังเครื่องผ้าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระด้าง



ภาพที่ 8 การออกแบบชุดผ้าไม้ไผ่ของเครื่องผ้าไม้ไผ่สำหรับงานขอบกระด้าง

5.2.3 จัดสร้างเครื่องผ่าไม้ไผ่

- ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญตามแบบที่กำหนดไว้



ภาพที่ 9 โครงเครื่องผ่าไม้ไผ่

- ประกอบชุดเฟืองโซ่



ภาพที่ 10 การประกอบชุดเฟืองโซ่

- ประกอบชุดตลับลูกปืนและใส่แกนเพลลา



ภาพที่ 11 การประกอบชุดตลับลูกปืนแบบวาย

- ประกอบชุดลูกกลิ้ง และชุดใบมีด



ภาพที่ 12 ชุดลูกกลิ้งและชุดใบมีด



- ประกอบชุดส่งกำลัง



ภาพที่ 13 ชุดส่งกำลัง

- ประกอบอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน



ภาพที่ 14 ประกอบอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ครบทุกส่วน

5.2.4 ในการทดลองการผ่าไม้ไผ่นั้น จำเป็นต้องมีค่าสถิติมาเกี่ยวข้องเนื่องจากต้องนำมาใช้ในการคิดคำนวณในการหาจำนวนครั้งที่ใช้ในการทดลองที่เหมาะสม ในการทดลองหาค่าความเชื่อมั่นว่าทำไปแล้วมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2537)

- ระดับความเชื่อมั่น คือ ค่าที่บอกความถูกต้องของการสรุปผลในการประมาณค่าสถิติหรือการทดสอบสมมติฐาน นิยมแสดงเป็นร้อยละ เช่น ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หมายถึงในการสรุปผล 100 ครั้ง จะได้ผลตามที่สรุปนั้นไม่น้อยกว่า 95 ครั้ง

- การหาขนาดตัวอย่างเพื่อประมาณค่าการประมาณค่าประชากรจะใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$)

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองคณะผู้วิจัยจะจับเวลาการผ่าไม้ไผ่จำนวน 10 คู่ จากแรงงานคน โดยคนที่เลือกเก็บข้อมูลจะเป็นผู้ที่มีความชำนาญในการผ่าไม้ไผ่ จากตารางที่ 1 คือคนที่ 1 เพราะใช้เวลาในการผ่าไม้ไผ่เฉลี่ยน้อยที่สุด เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องผ่าไม้ไผ่ สำหรับงานขอบกระดิ่งที่ผ่าไม้ไผ่ที่จำนวน 10 คู่ เช่นกัน ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการทำงานของคนในการผ่าไม้ไผ่ที่จำนวน 10 คู่ ความยาวของไม้ไผ่ 2 เมตร

ชั้นที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เวลาที่ใช้ผ่าไม้ไผ่ (วินาที)
1	25.4	3.8	144
2	25.3	4.3	132.6
3	26.0	4.5	134
4	25.4	4.3	139.2
5	27.0	4.2	144.6
6	25.4	3.8	139.8
7	25.9	4.6	130.8
8	26.0	4.0	127.2
9	25.7	4.5	135
10	25.4	4.0	139
เฉลี่ย	25.75	4.2	136.62

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองการทำงานของคนในการผ่าไม้ไผ่ที่จำนวน 10 คู่ พบว่าเวลาในการผ่าไม้ไผ่เฉลี่ยอยู่ที่ 136.62 วินาทีต่อคู่ โดยมีขนาดความกว้างเฉลี่ย 25.75 มิลลิเมตร และขนาดความหนาเฉลี่ย 4.2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3 ผลการทดลองการผ่าไม้ไผ่โดยใช้เครื่องผ่าไม้ไผ่ที่จำนวน 10 คู่ ความยาวของไม้ไผ่ 2 เมตร

ชั้นที่	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	เวลาที่ใช้ผ่าไม้ไผ่ (วินาที)
1	25.0	4.0	9.01
2	25.5	4.4	8.09
3	25.2	4.3	8.1
4	25.6	4.0	8.0
5	25.4	4.3	7.9
6	25.3	4.2	8.4
7	25.0	4.0	7.7
8	25.6	4.5	7.8
9	25.0	4.6	8.7
10	25.7	4.0	7.7
เฉลี่ย	25.33	4.23	8.14



จากตารางที่ 3 ผลการทดลองผ้าไม่ไผ่โดยใช้เครื่องผ้าไม่ไผ่ สำหรับงานขอบกระด้าง ที่จำนวน 10 คู่พบว่าเวลาในการผ้าไม่ไผ่เฉลี่ย 8.14 วินาทีต่อชิ้น ขนาดความกว้างเฉลี่ย 25.33 มิลลิเมตร และขนาดความหนาเฉลี่ย 4.23 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4 ผลการทดลองการผ้าไม่ไผ่ที่เวลา 1 ชั่วโมงเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

การทดลองครั้งที่	ขนาดความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	จำนวน (คู่)	หมายเหตุชิ้นที่เสีย (จำนวนคู่)
1	25.3	4.5	200	6
2	25.6	4.2	190	5
3	25.5	4.2	195	4
4	25.2	4.3	197	6
5	25.3	4.3	199	4
เฉลี่ย	25.38	4.3	196.2	5

หมายเหตุ : ขนาดขอบกระด้างที่นำไปใช้โดยประมาณ ความกว้าง 25 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร

จากตารางที่ 4 เป็นการทดลองผ้าไม่ไผ่ โดยเป็นการป้อนแบบต่อเนื่องที่เวลา 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง พบว่าจำนวนไม่ไผ่ที่ผ้าเฉลี่ยได้ จำนวน 196.2 คู่ ชิ้นที่เสียเฉลี่ยจำนวน 5 คู่

จุดคุ้มทุนเครื่องผ้าไม่ไผ่ สำหรับงานขอบกระด้าง

1. ค่าไฟฟ้า เครื่องผ้าไม่ไผ่ สำหรับงานขอบกระด้าง ใช้มอเตอร์ขับ 1 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 220 โวลต์ มอเตอร์มีความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพของมอเตอร์ เท่ากับ 0.8 มอเตอร์ส่งกำลังทั้งหมด 1 แรงม้า

$$\begin{aligned} \text{สมการ} \quad P &= 1 \times 746 \times 0.8 \\ &= 596.8 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์

$$\text{สมการ} \quad I = \frac{P}{220}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสมการ} &= \frac{596.8}{220} \\ &= 2.71 \text{ แอมแปร์} \end{aligned}$$

พลังงานไฟฟ้าเมื่อเดินเครื่อง 1 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} W_i &= P \times t \\ &= 596.8 \times 1 \\ &= 596.8 \text{ วัตต์ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0.59 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง} \\ \text{ค่าไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง คิดที่หน่วยละ 3.97 บาท} \\ &= 0.59 \times 3.97 \\ &= 2.3423 \text{ บาทต่อชั่วโมง} \\ \text{ถ้าใน 1 วัน ทำงาน (8 ชั่วโมง)} \\ &= 2.3423 \times 8 \\ &= 18.74 \text{ บาทต่อวัน} \end{aligned}$$

2. ค่าเสื่อมสภาพ ในการคำนวณหาค่าเสื่อมสภาพในแต่ละปี จะมีต้นทุนในการจัดสร้างเครื่องทั้งหมด 35,000 บาท ค่าของมูลค่าซากและค่าอายุการใช้งานของเครื่องดูจากค่าของประเภททรัพย์สินทางครุภัณฑ์การเกษตรโดยมีค่าอายุการใช้งานของเครื่อง 5 ปี และอัตราเสื่อมราคาต่อปีที่ร้อยละ 20

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นมูลค่าซาก} &= 35,000 \times 0.2 \\ &= 7,000 \text{ บาท} \\ \text{ค่าเสื่อมสภาพแต่ละปี} &= \frac{\text{ต้นทุนการสร้าง} - \text{มูลค่าซาก}}{\text{อายุการใช้งานของเครื่องจักร}} \\ &= \frac{35,000 - 7,000}{5} \\ &= 5,600 \text{ บาทต่อปี} \\ \text{ค่าเสื่อมสภาพต่อเดือน} &= \frac{\text{ค่าเสื่อมราคาแต่ละปี}}{\text{จำนวนเดือน}} \\ &= \frac{5,600}{12} \\ &= 466.66 \text{ บาทต่อเดือน} \\ \text{ค่าเสื่อมสภาพในแต่ละวัน} &= 466.66 / 30 \\ &= 15.55 \text{ บาทต่อวัน} \end{aligned}$$

3. ค่าบำรุงรักษา เครื่องผ่าไม้ไฟต้องมีการบำรุงรักษาและปรับปรุง เช่นการอัดจาระบีตามจุดต่างๆ การเปลี่ยนสายพานซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายประมาณวันละ 5 บาทต่อวัน

$$\begin{aligned} \text{4. ค่าแรงงานใช้แรงงาน 1 คน} \\ \text{ค่าแรงขั้นต่ำของจังหวัดตาก} &= 300 \text{ บาทต่อวัน} \\ \text{ค่าแรง 1 คน} &= 300 \times 1 \\ &= 300 \text{ บาทต่อวัน} \end{aligned}$$

การขายไม้ที่ยังไม่ได้ทำการเหลาไม้ไฟ ตามท้องตลาดจะขายเป็นลำ ลำละ 20 บาท โดย 1 ลำ จะมีความยาว 6 เมตร ดังนั้นในการเหลาไม้ไฟ 1 วัน จะต้องใช้ไม้ไฟประมาณ 40 ลำ คิดเป็นเงิน

$$\begin{aligned} &= 20 \times 40 \\ &= 800 \text{ บาทต่อวัน} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{ค่าไฟฟ้า} &= 18.74 \quad \text{บาทต่อวัน} \\
 \text{ค่าเสื่อมสภาพ} &= 15.55 \quad \text{บาทต่อวัน} \\
 \text{ค่าบำรุงรักษา} &= 5 \quad \text{บาทต่อวัน} \\
 \text{ค่าแรงงาน} &= 300 \quad \text{บาทต่อวัน} \\
 \text{รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด} &= 800 + 18.74 + 15.55 + 5 + 300 \\
 &= 1,139.29 \quad \text{บาทต่อวัน}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ฉะนั้นต้นทุนในการผ้าไหมผ้า 1 ชั่วโมงจะได้เท่ากับ 196 คู่ใน 1 วันจะได้เท่ากับ} \\
 &= 196 \times 8 \\
 &= 1,568 \quad \text{คู่ต่อวัน}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{เพราะฉะนั้น ต้นทุนในการผลิตขอบกระดั่ง 1 คู่ จะเท่ากับ} \\
 &= 1,139.29 / 1,568 \\
 &= 0.72 \quad \text{บาทต่อชิ้น}
 \end{aligned}$$

ราคาจำหน่ายขอบกระดั่ง จำหน่ายให้กับกลุ่มจักสานชาย 2 บาทต่อคู่ ดังนั้น ใน 1 วัน จำหน่ายขอบกระดั่งได้

$$\begin{aligned}
 &= 1,568 \times 2 \\
 &= 3,136 \quad \text{บาทต่อวัน} \\
 \text{รายได้ทั้งหมดภายใน 1 วัน เมื่อหักค่าใช้จ่ายทั้งหมดแล้ว} \\
 &= 3,136 - 1,139.29 \\
 &= 1,996.71 \quad \text{บาทต่อวัน}
 \end{aligned}$$

การสร้างเครื่องผ้าไหมผ้า สำหรับงานขอบกระดั่ง ซึ่งใช้งบประมาณ 35,000 บาทจะสามารถคืนทุนได้

$$\begin{aligned}
 &= 35,000 / (2 - 0.72) \\
 &= 2,735 \quad \text{คู่}
 \end{aligned}$$

7. สรุปและอภิปรายผล

7.1 สรุปผลการวิจัย ผลการทดลองผ้าไหมผ้าโดยใช้เครื่องผ้าไหมผ้า สำหรับงานขอบกระดั่ง ที่จำนวน 10 คู่พบว่าเวลาในการผ้าไหมผ้าเฉลี่ย 8.14 วินาทีต่อคู่ ขนาดความกว้างเฉลี่ย 25.33 มิลลิเมตร และขนาดความหนาเฉลี่ย 4.23 มิลลิเมตร ส่วนผลการทดลองผ้าไหมผ้าโดยใช้แรงงานคนจำนวน 10 คู่พบว่าเวลาในการผ้าไหมผ้าเฉลี่ย 136.62 วินาทีต่อชิ้น ขนาดความกว้างเฉลี่ย 25.75 มิลลิเมตร และขนาดความหนาเฉลี่ย 4.2 มิลลิเมตร ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแรงงานคนกับเครื่องผ้าไหมผ้า จะเห็นได้ว่า เครื่องสามารถทำงานได้เร็วกว่าคนผ้าไหมผ้า ถึง 128.48 วินาทีต่อคู่ เมื่อเทียบจำนวนไหมผ้าที่ผ้าได้และขนาดความกว้างและความหนามีความใกล้เคียงกับที่กำหนดไว้ และสุดท้ายการหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง โดยเป็นการป้อนแบบต่อเนื่องที่เวลา 1 ชั่วโมง จำนวน 5 ครั้งพบว่าไหมผ้าที่ผ้าเฉลี่ยได้จำนวน 196.2 ชิ้น ชิ้นที่เสียเฉลี่ย จำนวน 5 คู่

7.2 อภิปรายผลการวิจัย จากผลการวิจัยการผ้าไหมผ้าจำนวน 5 ครั้ง โดยใช้เครื่องผ้าไหมผ้าที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้น สามารถทำงานได้เร็วกว่าคน 128.48 วินาทีต่อคู่ หรือ 2.85 นาทีต่อคู่ เนื่องจากเครื่องทำงานด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติในการทำงาน ทำให้มีความรวดเร็วในการผ้า อีกทั้งมีความแม่นยำ

สามารถผ่าไม้ไฟให้มีขนาดที่เท่า ๆ กัน ที่เหมาะกับการนำไปเป็นขอบกระดิ่งได้ตามมาตรฐานของชุมชน และหากว่าเป็นการผลิตจำนวนมากและต้องใช้เวลาในการผ่าไม้ไฟแล้ว เครื่องผ่าไม้ไฟยังจะช่วยผ่อนแรงให้กับผู้ที่ผ่าไม้ไฟมากกว่าแรงคนอีกด้วย

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการผ่าไม้ไฟสำหรับงานขอบกระดิ่งโดยใช้เครื่องผ่าไม้ไฟที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น ในเบื้องต้นจะต้องเตรียมวัตถุดิบที่เป็นไม้ไฟขนาดความยาว 2 เมตร เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานกับเครื่องที่สร้าง และผู้ที่ปฏิบัติงานด้วยเครื่องผ่าไม้ไฟ จะต้องศึกษาคู่มือการใช้งานก่อนที่จะใช้ เพื่อให้การทำงานเกิดประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

8.2 ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

- 1) เนื่องจากแรงดึงที่จะนำไม้ไฟเข้าสู่กระบวนการผ่าไม้ไฟแรงอาจน้อยเกินไป สำหรับไม้ไฟที่มีขนาดใหญ่ ควรเพิ่มชุดลูกรีดเพื่อเพิ่มแรงดึงให้กับเครื่องผ่าไม้ไฟ
- 2) สามารถนำเครื่องผ่าไม้ไฟ สำหรับงานขอบกระดิ่ง พัฒนาเป็นเครื่องผ่าไม้ไฟ (ขอบป้องกันคมขอบกระดิ่ง) เพราะไม้ไฟส่วนบนที่ได้จากการผ่าสามารถนำไปทำไฟได้

9. เอกสารอ้างอิง

- จำรูญ ตันติพิศาล. (2542). ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพฯ : เจริญธรรม.
- วิริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ฤกษ์งาน. (2541). การออกแบบเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- อำพล ชื่นตรง.(2536). ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2537). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



สื่อการสอนมัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้โปรแกรม 3Ds Max ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ The Multimedia Tutorial for Support Teaching Use 3Ds Max in Product Design

อภิรักษ์ชัย โจมสติ^{1*}, ณัฐวุฒิ พากเพียร^{2*}, อมรเทพ เครือศรี^{3*}, พัทธมน คำแพง^{4*}

^{1*}อาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

^{2*,3,4*} นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึงชั้นปีที่ 4 สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 30 คน ซึ่งใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling)

ผลการศึกษา พบว่า สื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบ และเรียบเรียงเนื้อหาหลักการ และวิธีการสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์ เทคนิคการเขียนทัศนียภาพผลิตภัณฑ์ ไว้ทั้งสิ้น 5 หน่วยการเรียนรู้ บทเรียนที่ 1 รู้จัก 3Ds Max เบื้องต้น, บทเรียนที่ 2 รู้จัก Tool และวัตถุขั้นพื้นฐาน, บทเรียนที่ 3 การสร้างและปรับแต่งวัตถุขั้นสูง, บทเรียนที่ 4 การใส่สีและออกแบบลวดลาย, บทเรียนที่ 5 การแสดงผลภาพและการเรนเดอร์ผลงาน มีเสียงบรรยายประกอบแอนิเมชันในการสอนเพื่อสร้างความน่าสนใจในการเรียน ประสิทธิภาพของสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบระหว่างเรียน เท่ากับ 86.85 โดยคิดเป็นร้อยละ 87.73 ($E_1 = 87.73$) และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียน เท่ากับ 88.38 คิดเป็นร้อยละ 88.38 ($E_2 = 88.38$) มีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.73/88.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์กำหนด 75/75

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ค่า t เท่ากับ 1.932 สรุปได้ว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาพรวม อยู่ในเกณฑ์ระดับดี ($\bar{x} = 4.21$: S.D.= 0.39) ซึ่งสรุปได้ว่า สื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้

3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนเสริมนอกเวลาจากการเรียนในคาบเรียนปกติได้

คำสำคัญ : สื่อการสอนมัลติมีเดีย, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความพึงพอใจ

Abstract

This study aims to 1) create multimedia computer media for teaching and learning on the use of 3Ds Max for product design. 2) To compare the achievement of students in computer and computer technology for design. Before learning and after learning multimedia computer for teaching and learning to use 3Ds Max to design products. 3) To study the satisfaction of students with multimedia computer media for teaching and learning 3Ds. Max for product design The sample consisted of the first year students to the 4th grade students in computer science. Faculty of Industrial Technology Suranaree Rajabhat University, which uses simple random sampling method.

The results show that the multimedia computer media for teaching the supplement of 3Ds Max for product design. The researcher has designed. And compiled the content. And how to create a computer image. Tutorial Lesson 1 Introduction to 3Ds Max, Lesson 2, Basic Tool and Object Lesson, Lesson 3 Creating and Customizing Advanced Objects, Lesson 4, Coloring and Design Patterns, Lesson 5, Impressions and Rendering There is a voice in the teaching animation to create interest in learning. The performance of multimedia computer media for teaching 3Ds Max for product design was 86.85%, 87.73% ($E_1 = 87.73$) and average score from post test. Was 26.51 or 88.38 percent ($E_2 = 88.38$) with an efficiency of $87.73 / 88.38$, which is higher than the 75/75

Comparison of learning achievement of students before and after learning by using multimedia computer for teaching and learning on using 3Ds Max for product design. The t-value of 1.932 was concluded that students had learning achievement after class. Higher than before learning was statistically significant at 0.05.

The satisfaction of the students on multimedia computer for teaching and learning on the use of 3Ds Max for the design of visual products was at a good level ($\bar{x} = 4.21$; S.D. = 0.39) Computer multimedia for teaching and learning on the use of 3Ds Max for product design. Can be used in extra-curricular lessons from regular lessons.

Keywords : Multimedia Tutorial, Achievement, Satisfaction



1. บทนำ

ในสังคมยุคข่าวสารข้อมูลได้ส่งผลกระทบต่อวิถีการเรียนรู้ของคน เนื่องจากสามารถรับรู้ข่าวสารข้อมูลต่าง ๆ โดยผ่านสื่อที่มีมากมาย ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันนอกจากจะให้ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาแล้ว จำเป็นต้องฝึกฝนให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพดังที่พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 กำหนดให้การจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยได้กำหนดความมุ่งหมายและหลักการของการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ คุณธรรม จริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุขและได้วางแนวการจัดการศึกษาว่า ให้ยึดหลักผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติ ให้เต็มตามศักยภาพ ซึ่งการจัดการกระบวนการเรียนรู้ต้องจัดเนื้อหาสาระมีกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ และความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการการเผชิญสถานการณ์ การประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันในการแก้ปัญหา โดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำ ได้คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543 : 15 - 16)

แนวความคิดจากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ได้กำหนดแนวการจัดการศึกษาที่ยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ ผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด การจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ เน้นทั้งความรู้ คุณธรรม และกระบวนการเรียนรู้ จะต้องบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละบุคคลสามารถทำให้ผู้เรียนเป็นคนดี คนเก่ง และมีความสุข ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายของการปฏิรูปการศึกษา (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ : 2544) อีกทั้งกระบวนการเรียนรู้จะต้องเน้นที่ผู้เรียนเป็นสำคัญซึ่งผู้สอนจะต้องจัดตามความต้องการหรือความประสงค์ของผู้เรียนเกี่ยวกับความถนัดเพราะผู้เรียนแต่ละคนมีความถนัด มีวิธีการเรียนรู้ไม่เหมือนกัน ผู้สอนจะต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผู้เรียน การติดตามเหตุการณ์และปัญหาการศึกษาเรียนรู้ วิเคราะห์ สร้างองค์ความรู้ใหม่ วิธีการใหม่ สร้างระบบใหม่ เพื่อประยุกต์ใช้กับสภาพจริง เน้นการแข่งขันกับตนเอง ตั้งเป้าหมายเพื่อพัฒนาตนเองให้ดีขึ้น สร้างกระบวนการคิด ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม เสริมสร้างค่านิยมประชาธิปไตย คุณธรรม จริยธรรมที่มาจากสภาพจริง มากกว่าการเรียนรู้ด้วยการท่องจำ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนจึงควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รู้จักคิด วิเคราะห์ ใช้เหตุผล รู้จักค้นคว้าหาความรู้และปฏิบัติด้วยตนเองจนเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ตลอดจนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ แก้ปัญหาต่างๆในชีวิตประจำวันได้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อ ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาเป็นตัวช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามเนื้อหาวิชาต่าง ๆ เป็นสื่อการเรียนการสอนที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูง ทำให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความสามารถ ในการตอบสนองข้อมูลที่นักเรียนป้อนเข้าไปได้ทันทีเป็นการเสริมแรงให้กับผู้เรียน ซึ่งบทเรียน มีทั้งตัวอักษร ภาพกราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวและเสียงประกอบ ทำให้ผู้เรียนสนุก (กิดานันท์ มลิทอง, 2543 : 227) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน นอกจากช่วยให้ผู้เรียนได้มีพัฒนาการ

ไปถึงขีดสุดแล้ว ยังแก้ปัญหาการขาดแคลนครูผู้สอนและปัญหาทางด้านการเรียน เพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์สามารถสื่อสารให้ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง (อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์, 2530 : 3)

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจนำนวัตกรรมและสื่ออิเล็กทรอนิกส์ คือ สื่อมัลติมีเดีย เข้ามาประกอบในการจัดการเรียนการสอน เพราะนอกจากจะเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียน มีความกระตือรือร้นอยากเรียนกับสิ่งที่แปลกใหม่แล้ว ยังเป็นการ ทำลายความสามารถของผู้เรียนที่ต้องมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนด้วยตนเอง โดยคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนสามารถนำเสนอตัวอักษร และภาพเคลื่อนไหวมีสีสัน ชวนอ่านและเข้าใจ นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนที่เรียนช้าหรือ ขาดเรียนได้มีโอกาสเรียนซ้ำอีกครั้งก็ได้ตามความต้องการ ผู้วิจัยจึงพัฒนา “บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบงานนำเสนอผลิตภัณฑ์” ซึ่งจากผลการวิจัยครั้งนี้ จะนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบงานนำเสนอผลิตภัณฑ์

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบงานนำเสนอผลิตภัณฑ์

3. ขอบเขตของวิจัย

3.1 ขอบเขตเนื้อหาบทเรียน หลักการและวิธีใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์ เทคนิคการสร้างภาพสองมิติและสามมิติ การเขียนทัศนียภาพ ผลิตภัณฑ์ การเขียนทัศนียภาพภายในอาคารมุมมองแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการนำเสนอผลงาน ซึ่งประกอบด้วย 5 บทเรียนดังนี้

บทเรียนที่ 1 รู้จัก 3Ds Max เบื้องต้น

บทเรียนที่ 2 รู้จัก Tool และวัตถุขั้นพื้นฐาน

บทเรียนที่ 3 การสร้างและปรับแต่งวัตถุขั้นสูง

บทเรียนที่ 4 การใส่สีและออกแบบลวดลาย

บทเรียนที่ 5 การแสดงผลภาพและการเรนเดอร์ผลงาน

3.2 ขอบเขตประชากร

3.2.1 ประชากรเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาที่กำลังเรียนในสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ จำนวน 30 คน ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)



3.3 ขอบเขตด้านโปรแกรม

- 3.3.1 Audacity ใช้สำหรับตัดต่อเสียง
- 3.3.2 Adobe Photoshop ใช้สำหรับตัดต่อรูปภาพ
- 3.3.3 Adobe Captivate ใช้สำหรับทำสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย
- 3.3.4 Sothink SWF Easy ใช้สำหรับทำภาพเคลื่อนไหว
- 3.3.5 Autodesk 3Ds Max ใช้สำหรับทำแบบฝึกหัดและการสร้างตัวขึ้นงาน

4. การดำเนินการวิจัย

- 4.1 ศึกษาข้อมูล เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 4.2 ออกแบบแนวความคิดในการสร้างสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาพ เสียง รูปแบบการนำเสนอ การโต้ตอบกับผู้เรียน
- 4.3 แบ่งเนื้อหาประจำบทเรียน การออกแบบขั้นตอนการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย คำถามทบทวน ข้อสอบระหว่างเรียน และข้อสอบหลังเรียน
- 4.4 ตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาบทเรียน โดยอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย
- 4.5 จัดทำบทเรียนสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 4.6 นำสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ทดสอบ หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย
- 4.7 สอบถามความพึงพอใจต่อสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 4.8 เก็บข้อมูลงานวิจัย
- 4.9 วิเคราะห์ข้อมูล
- 4.10 สรุปและอภิปรายผล

5. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- 5.1 ประชากร ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
- 5.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ ชั้นปีที่ 1 - 4 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จำนวน 30 คน ใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย
- 6.1 สื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

6.2 ข้อสอบก่อนเรียน และข้อสอบหลังเรียน ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

6.3 แบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอน เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

7. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

การออกแบบสร้างสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัย ออกแบบและพัฒนาสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ดังนี้

7.1 ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์

7.2 วิเคราะห์ผู้เรียน และเนื้อหาที่จะนำมาพัฒนาโดย

7.2.1 วิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยย่อย และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยเนื้อหาที่นำมาพัฒนาเป็นบทเรียน เป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งของวิชาการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นบทเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยเนื้อหาในบทเรียนเน้นการบรรยายเนื้อหาด้วยการใช้ประโยคสั้น ๆ ประกอบคำอธิบายมีภาพ และเสียงประกอบ มีขั้นตอนในการนำเสนอเนื้อหา เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจบทเรียนได้ง่ายขึ้น และนักเรียนสามารถทราบผลการเรียนของตนเองด้วยการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนในแต่ละบทเรียน ซึ่งประกอบด้วย 5 บทเรียน ดังนี้ และดังในภาพที่ 1

บทเรียนที่ 1 รู้จัก 3Ds Max เบื้องต้น

บทเรียนที่ 2 รู้จัก Tool และวัตถุขั้นพื้นฐาน

บทเรียนที่ 3 การสร้างและปรับแต่งวัตถุขั้นสูง

บทเรียนที่ 4 การใส่สีและออกแบบลวดลาย

บทเรียนที่ 5 การแสดงผลภาพและการเรนเดอร์ผลงาน

หลังจากเรียนจบบทเรียนที่ 5 แล้วให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดหลังเรียน สามารถกลับไปเรียนบทเรียนได้ใหม่อีกครั้ง

7.2.2 การจัดรูปแบบโครงสร้างบทเรียน โดยศึกษาเนื้อหาที่จะนำมาใช้เป็นบทเรียน

7.2.3 กำหนดเนื้อหาในบทเรียนมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้ 3Ds Max โดยใช้เนื้อหาสั้น ๆ เข้าใจง่าย

7.2.4 เขียนคำอธิบายในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย โดยใช้ประโยคที่สั้น กระชับ เข้าใจง่าย มีภาพและเสียงบรรยายประกอบ

7.2.5 ลำดับเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย โดยเรียนรู้จากเนื้อหาที่เป็นภาพรวมทั้งหมด และไปศึกษาในประเด็นย่อยๆ จากเนื้อหาที่เข้าใจง่ายไปหาเนื้อหาที่ยากขึ้น

7.2.6 สร้าง และปรับปรุงแก้ไขบทเรียน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมในการสร้างบทเรียน ดังนี้



- โปรแกรม Adobe Photoshop ใช้ในการตกแต่งภาพกราฟิกและตัวอักษร

ในการสร้างบทเรียน

- โปรแกรม Audacity ใช้ในการตัดต่อเสียง

- โปรแกรม Sothink SWF Easy ใช้ในการทำภาพเคลื่อนไหว

- โปรแกรม Adobe Captivate ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์

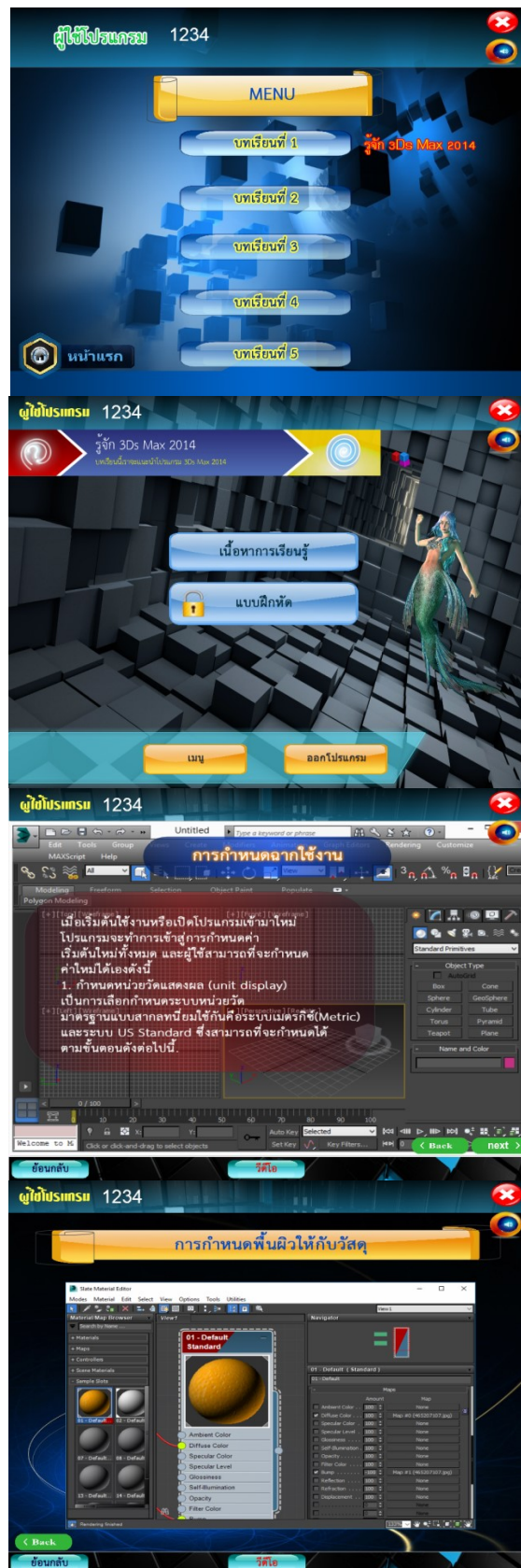
แบบฝึกหัดหลังเรียนและใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอน

2) แบบฝึกหัดท้ายบทเรียนหลังจากจบแต่ละบทเรียน เมื่อนักศึกษาทำแบบฝึกหัดเรียบร้อยแล้ว นักเรียนทราบผลการเรียนของตนเองได้ทันที

8. สรุปผลของการวิจัย

ผลการออกแบบและสร้างสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบให้เป็นบทเรียนที่เรียงเรียงเนื้อหาหลักการ และวิธีการสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์ เทคนิคการเขียนทัศนียภาพผลิตภัณฑ์ไว้ทั้งสิ้น 5 หน่วยการเรียนรู้ บทเรียนที่ 1 รู้จัก 3Ds Max เบื้องต้น, บทเรียนที่ 2 รู้จัก Tool และวัตถุขั้นพื้นฐาน, บทเรียนที่ 3 การสร้างและปรับแต่งวัตถุขั้นสูง, บทเรียนที่ 4 การใส่สีและออกแบบลวดลาย, บทเรียนที่ 5 การแสดงผลภาพและการเรนเดอร์ผลงาน มีเสียงบรรยายประกอบแอนิเมชันในการสอนเพื่อสร้างความน่าสนใจในการเรียน ดังในภาพที่ 1





ภาพที่ 1 สื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์



ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ตามเกณฑ์ 75/75 ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3DsMax เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

คะแนน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
คะแนนสอบระหว่างเรียน	50	86.85	0.72	87.73
ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์	30	26.51	1.18	88.38

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนสอบระหว่างเรียนด้วยสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ได้คะแนนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 86.85 คิดเป็นร้อยละ 87.73 และคะแนนรวมเฉลี่ยจากการทำข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หลังเรียนเท่ากับ 26.51 คิดเป็นร้อยละ 88.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

คะแนน	N	คะแนนเฉลี่ย	$(\sum D^2)$	$(\sum D)$	$(\sum D)^2$	t	Sig.
ก่อนเรียน	30	10.68	8.858	554	306,916	1.932	0.00
หลังเรียน	30	26.51					

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

จากตารางที่ 2 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ค่า t คำนวณได้เท่ากับ 1.932 ซึ่งสูงกว่าค่า t จากตาราง $\alpha = 0.05$, $df = 30 - 1$ ได้ค่า t เท่ากับ 1.690 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า สรุปได้ว่าผู้เรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลความพึงพอใจที่มีต่อสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาพรวมรายด้าน ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจต่อสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3DsMax เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

เรื่องที่ประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ด้านเนื้อหาการใช้งาน 3Ds Max	4.20	0.39	ระดับดี
2. ด้านเนื้อหาการออกแบบผลิตภัณฑ์	4.21	0.75	ระดับดี
3. ด้านการนำเสนอสื่อมัลติมีเดีย	4.22	0.42	ระดับดี
4. ด้านเสียงบรรยายเนื้อหา และเพลงประกอบ	4.24	0.42	ระดับดี
5. ด้านภาพประกอบ ต้นแบบ 3 มิติ	4.20	0.39	ระดับดี
รวม	4.21	0.39	ระดับดี

จากตารางที่ 3 ผลความพึงพอใจต่อสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น นำไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1-4 สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ผลการประเมินทางด้านเนื้อหาการใช้งาน 3Ds Max ด้านเนื้อหาการออกแบบผลิตภัณฑ์ ด้านการนำเสนอสื่อมัลติมีเดีย ด้านเสียงบรรยายเนื้อหา และเพลงประกอบ และด้านภาพประกอบ ต้นแบบ 3 มิติ มีค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 5 ด้านเท่ากับ 4.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.39 อยู่ในระดับดี

9. อภิปรายผล

สื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นรูปแบบของการเรียนแบบใหม่ และทันสมัย สื่อมัลติมีเดียที่ผลิตขึ้นมีการออกแบบภาพประกอบ ที่สื่อความหมายได้ชัดเจน มีการจัดองค์ประกอบ และข้อความมีความสมดุล เป็นไปตามหลักการออกแบบสื่อที่ดี สอดคล้องกับ กิดานันท์ มลิทอง (2543 : 54 - 63) ได้กล่าวไว้ว่า สื่อมัลติมีเดียที่ผลิตขึ้น เป็นการเสนอในรูปแบบของ ข้อความ เสียง ภาพนิ่ง และภาพกราฟิก เป็นการรวมองค์ประกอบ ของสื่อประสม ทำให้ผู้อบรม ส่วนใหญ่สนใจต่อการเรียนรู้ และจากข้อเสนอแนะของผู้อบรมส่วนใหญ่เห็นว่าสื่อมัลติมีเดียที่ผลิตขึ้นมีประโยชน์ ในการออกแบบทำให้ผู้เรียนมีความรู้ เรื่องการใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์มากขึ้น สอดคล้องกับผลการสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสำหรับการเรียนการสอนเสริม เรื่อง การใช้ 3Ds Max เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ระดับความพึงพอใจในภาพรวม อยู่ในเกณฑ์ระดับดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ ผาณิต คุ่มเศรณี (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างสื่อมัลติมีเดียด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรื่อง การแยกและการใช้ประโยชน์จากขยะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลปรากฏว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อในด้านต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ระดับ มาก นอกจากนี้ การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ยังเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เผยแพร่ความรู้เรื่องการใช้โปรแกรม 3Ds max เบื้องต้น เพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้โปรแกรมในระดับยากขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคตต่อไป



10. บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). **มัลติมีเดียเพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ครูสภา
ลาดพร้าว.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2543). **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม**. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.
- _____. (2548). **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม**. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.
- ผาณิต คุ่มเศรณี (๒๕๔๐). **การสร้างสื่อมัลติมีเดียด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรื่อง การแยกและการ
ใช้ประโยชน์จากขยะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.ปริญญาานิพนธ์
กศ.ม.(เทคโนโลยีการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.**
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.(2543). **รายงานการเสวนาทางวิชาการ มิติใหม่
ของการประเมินผล:การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.กรุงเทพฯ :ม.ป.พ.**
- อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. (2530). **คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน**. (พิมพ์ครั้งที่๒).กรุงเทพฯ
: คราฟแมนเพรส

การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงาน เพื่อประหยัดพลังงาน

Design a lighting system and to investigate quality of an office lighting
system for energy conservation.

อัษฎา วรรณกายนต์^{1*}, กิตติชัย บุญรอด^{2*}, จิรวัดน์ มั่นหมาย^{3*}, ณัฐพงษ์ เทียมทอง^{4*}
พันจำเอนนทีปวิธ ศรีชนะ^{5*}, อธิวิทย์ ลาภมาก^{6*}, พิเชษฐ เอื้อเฟื้อกลาง^{7*}, พินิจ จับใจเหมา^{8*}
พันจำโทสทิพงษ์ ดอกพอง^{9*}, นายโสภี แฉล้มชาติ^{10*}

^{1*} อาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

^{2*,3*,4*,5*,6*,7*,8*,9*,10*} นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพ และหาคุณภาพระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย การคำนวณลักษณะของการส่องสว่าง ตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และแบบประเมินคุณภาพระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงาน ในการดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยได้ทำการประชุม วางแผน ศึกษาข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นมาดำเนินการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยเลือกใช้ค่าระดับความส่องสว่างสำหรับบริเวณที่ทำงานภายในอาคารสำนักงาน เลือกวิธีการให้แสงสว่างระบบการให้แสงหลัก เลือกการใช้อุปกรณ์เป็นชนิดประสิทธิภาพสูง เลือกการใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อใช้ในการควบคุมระบบแสงสว่างและเลือกใช้วิธีในการทำการบำรุงรักษา ระบบแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน จากนั้นทำการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยเลือกใช้วิธีคำนวณวิธีลูเมน (Lumen Method) เพื่อคำนวณหาจำนวนดวงโคมไฟในการออกแบบระบบแสงสว่าง หลังจากนั้นทำการคำนวณการจัดวางตำแหน่งของดวงโคมให้เหมาะสม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปดำเนินการเขียนแผนผังระบบแสงสว่าง และตารางโหลด

ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงาน สามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น และจากการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมอยู่ในระดับที่ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49

การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงานที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นนั้น สามารถนำไปใช้ในระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ระบบแสงสว่าง, ประหยัดพลังงาน

Abstract

This research was set out to find a performance and to investigate quality of an office lighting system for energy conservation. Calculation of illumination, energy comparison sheet and assessment sheet were used in this study, which together aimed to reduce power consumption. After literature reviews and meetings,



a lighting system was designed based on a guideline, whose key chosen attributes are light intensity for indoor working spaces, lighting delivery by incident light. In addition, high efficiency devices were also chosen for this system. Further more, lighting control was incorporated in the design with the ease of maintenance kept in mind. Lumen method was used to determine the number of the required bulbs, which was followed by the arrangement of bulbs. Lighting layout was drawn in conjunction with lighting demand table.

The results showed that the design of lighting system can energy conservation and had received good feedback from experts in the field with the overall average marks of 4.5 with standard deviation of 0.49.

In conclusion, the methodology used in this study and the design of lighting system could be used to reduce the energy requirement in lighting system for indoor office spaces.

Keywords : lighting system, energy conservation

1. บทนำ

ปัจจุบันประเด็นด้านพลังงานเป็นที่จับตาของทุกประเทศทั่วโลก ในสถานการณ์ที่ความต้องการใช้พลังงานหรืออุปสงค์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ แต่แหล่งผลิตพลังงานหรืออุปทานยังไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยอย่างเพียงพอ สืบเนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วของประเทศกำลังพัฒนาหรือประเทศ Emerging Economies ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา จึงเป็นที่คาดการณ์กันว่า ในปีพ.ศ. 2573 GDP ของโลกจะสูงขึ้นกว่าปีพ.ศ. 2549 เกือบ 120% ประชากรของโลกเพิ่มขึ้นกว่า 8,200 ล้านคน ทำให้ความต้องการพลังงานของโลกจะสูงขึ้นกว่าปัจจุบันเกือบเท่าตัว โดยที่ความต้องการพลังงานมากกว่าครึ่งจะมาจากประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบเอเชีย อีกทั้ง การแข่งขันเพื่อแสวงหาพลังงานของประเทศต่างๆ ในโลก จึงทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกขณะ (สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. 2553 : 1)

สำหรับประเทศไทยนั้น ความต้องการพลังงานก็เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ประเทศไทยเองก็อาจหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องเผชิญกับปัญหาและวิกฤตการณ์ทางด้านพลังงานในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณพลังงานที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทยมากกว่าครึ่งหนึ่งได้มาจากการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมดขององค์กรทั้งในภาครัฐและเอกชน พบว่า ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเป็นต้นทุนชนิดหนึ่งขององค์กร ดังนั้น ผลของการประหยัดพลังงานจะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ช่วยขยายเวลาการใช้พลังงานที่จะหมดไปเพื่อเตรียมหาแหล่งพลังงานรูปแบบใหม่มาทดแทนลดสถานะแวดล้อมเป็นพิษ ตลอดจนชะลอการลงทุนในส่วนของการผลิตไฟฟ้าอีกด้วย (พิบูลย์ ดิษฐอดม, 2528)

ในสภาวะปัจจุบันอาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานค่อนข้างมาก ทั้งในเรื่องของการปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิภายในห้องทำงาน อันเนื่องมาจากความร้อนที่มาจากตัวคน มาจากดวง

อาทิตย์หรืออุปกรณ์ที่ทำงานแล้วเกิดความร้อนขึ้น ความร้อนจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนไป เป็นต้น การใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนจากระบบแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานในปริมาณที่มาก อันเนื่องมาจากการที่ไม่สามารถนำแสงจากธรรมชาติมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้พลังงานในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ การที่มีการใช้พลังงานมากขนาดนี้ เมื่อเทียบกับจำนวนผู้คนที่ได้รับประโยชน์จะพบว่า บางอาคารค่อนข้างใช้พลังงานมากเกินความจำเป็น ส่วนหนึ่งก็เนื่องมาจากการที่อาคารสำนักงานหลาย ๆ หลัง มีการออกแบบโดยไม่คำนึงถึงการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งในการคำนึงถึงการประหยัดพลังงานภายในอาคาร ควรเริ่มตั้งแต่การที่ผู้ออกแบบคำนึงถึงการออกแบบโดยวิธีการที่สามารถลดการใช้พลังงานภายในอาคาร (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์, 2545)

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในเรื่องการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงาน โดยได้ทำการศึกษารูปแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นต้นแบบในเรื่องของระบบแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานที่สามารถนำผลของการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานมาใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อหาประสิทธิภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน

2.2 เพื่อหาคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน

3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงาน จากการหาประสิทธิภาพ โดยวิธีการคำนวณลักษณะของการส่องสว่าง การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและเลือกการใช้เทคนิคต่างๆ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น

3.2 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงาน จากการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4. ประโยชน์ของการวิจัย

4.1 ได้แผนผังระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงาน ที่สามารถนำไปใช้เป็นแบบในการติดตั้งใช้งานจริงต่อไป

4.2 มีความรู้และความเข้าใจในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงาน

4.3 สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



4.4 เป็นแนวทางสำหรับผู้ออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานที่จะสร้างใหม่ ให้มีการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์มากที่สุด

4.5 เป็นแนวทางในการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้อง สำนักงานเพื่อประหยัดพลังงานหรือในเรื่องอื่นๆ ต่อไป

5. ขอบเขตของการวิจัย

5.1 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน มีดังนี้

5.1.1 ขนาดของห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีพื้นที่ 87.5 ตารางเมตร

5.1.2 ออกแบบแผนผังระบบแสงสว่างและตารางการใช้งานโหลด ภายในห้องสำนักงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน จำนวน 1 แปลน

5.1.3 การออกแบบระบบแสงสว่างใช้วิธีการคำนวณลักษณะของการส่องสว่าง ใช้วิธีคำนวณ วิธีลูเมนต์ (Lumen Method)

5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

5.2.1 ตัวแปรต้น หมายถึง การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชา เทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน

5.2.2 ตัวแปรตาม หมายถึง คุณภาพของการออกแบบระบบแสงสว่าง ภายในห้อง สำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน

6. วิธีดำเนินงานวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนที่จะกำหนด ขอบเขต วางแผนการทำงาน และดำเนินการออกแบบระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน โดยมีวิธีดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

6.1.1 การคำนวณลักษณะของการส่องสว่างและตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน

6.1.2 แบบประเมินคุณภาพ

6.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การออกแบบระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงานมีขั้นตอนในการออกแบบ โดย อาศัยหลักการ ทฤษฎีการเรียนรู้และการออกแบบระบบแสงสว่าง ซึ่งมีขั้นตอนในการออกแบบระบบแสง สว่าง ภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน ดังต่อไปนี้

6.2.1 การคำนวณลักษณะของการส่องสว่างและตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน การออกแบบระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงานและตารางโหลด

1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบแผนผังระบบแสงสว่าง การคำนวณลักษณะของการส่องสว่าง พร้อมสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งความรู้ต่างๆ และเอกสารที่เกี่ยวข้องในการออกแบบระบบแสงสว่างให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยในการออกแบบคณะผู้วิจัยได้คำนึงถึงการลดการใช้พลังงาน อุปกรณ์ที่นำมาใช้สามารถหาได้ง่าย ราคาถูก มีความทนทาน ง่ายต่อการบำรุงรักษา มีต้นทุนคุ้มค่างับประโยชน์ที่ได้รับ และมีวิธีการติดตั้งไม่ยุ่งยากซับซ้อน

2) ทำการคำนวณลักษณะของการส่องสว่างเพื่อออกแบบแผนผังระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน ตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและตารางโหนด ในการออกแบบระบบแสงสว่าง คณะผู้วิจัยได้ใช้วิธีการเลือกระดับความส่องสว่างให้เหมาะสม โดยเลือกใช้ค่าระดับความส่องสว่างสำหรับบริเวณที่ทำงานภายในอาคารสำนักงาน 300 ลักซ์ (ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของความสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานต่าง ๆ) เลือกวิธีการให้แสงสว่าง โดยเลือกระบบการให้แสงหลัก ทำให้สามารถให้แสงสว่างได้ทั่วพื้นที่ ซึ่งเป็นวิธีการให้แสงสว่างจากโคมไฟที่ติดตั้งกระจายอย่างสม่ำเสมอบนเพดาน ทำให้มีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่ การใช้อุปกรณ์เป็นชนิดประสิทธิภาพสูง เช่น การใช้หลอดแอลอีดีทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 หรือใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และการใช้โคมไฟชนิด Reflector ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ในการสะท้อนแสงสูง โดยจะทำให้ได้ความสว่างออกมาสูงกว่าโคมไฟชนิดอื่นๆ เป็นต้น เลือกการใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อใช้ในการควบคุมระบบแสงสว่าง เช่น การใช้สวิตช์กระตุกเพื่อควบคุมการปิด-เปิดไฟ เป็นต้น และเลือกใช้วิธีในการทำการบำรุงรักษาระบบแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน เนื่องจากถ้าไม่มีการบำรุงรักษาจะทำให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพต่ำลงและทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำลงตามไปด้วย เพราะวาระดับความสว่างจะลดลงจากค่าที่ได้กำหนดไว้ในตอนที่ทำการออกแบบ

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยเลือกใช้วิธีคำนวณวิธีลูเมนต์ (Lumen Method) ซึ่งได้ใช้เป็นวิธี Room Index Method เพื่อคำนวณหาจำนวนดวงโคมไฟฟ้าในการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยในการคำนวณเลือกใช้ดวงโคมไฟฟ้าทั้งสิ้น 14 ดวงโคม หลังจากนั้นทำการคำนวณการจัดวางตำแหน่งของดวงโคมไฟฟ้า เพื่อที่จะให้การวางตำแหน่งของดวงโคมไฟฟ้าให้มีความเหมาะสม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการเขียนแผนผังระบบแสงสว่าง ตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและตารางโหนดห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3) นำแผนผังระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน ตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และตารางโหนดเสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม

4) ทำการปรับปรุงแก้ไขการออกแบบแผนผังระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน ตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและตารางโหนดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

5) ได้แผนผังระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน ตารางการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และตารางโหนดเพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพ และหาคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญต่อไป



6.2.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการหาคุณภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน โดยดำเนินการตามขั้นตอนและให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมทางด้านการออกแบบ อุปกรณ์และการที่สามารถนำไปใช้งานในการติดตั้งจริงได้ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงาน ดังต่อไปนี้

1) ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดในการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

2) ออกแบบประเมินคุณภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน ให้มีความเหมาะสมกับการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดการประเมินเป็นข้อๆ และเกณฑ์การประเมินการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน จัดระดับค่าเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี ระดับปานกลาง ระดับน้อย ระดับน้อยที่สุด

3) ทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน

4) นำแบบประเมินคุณภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงานที่สร้างเสร็จแล้วมาทำการตรวจสอบความถูกต้อง และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

5) ได้แบบประเมินคุณภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน สามารถนำไปเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพต่อไป

6.3 การหาประสิทธิภาพของการออกแบบระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการนำข้อมูลที่ได้เกี่ยวกับการออกแบบแผนผังระบบแสงสว่าง การคำนวณลักษณะของการส่องสว่าง การคำนวณการจัดวางตำแหน่งของดวงโคม การเลือกใช้อุปกรณ์ และการเลือกใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อดูความเหมาะสมความถูกต้องในการคำนวณ และการเลือกใช้อุปกรณ์ จากนั้นนำมาคำนวณเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงาน รวมไปถึงพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ และค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน

6.4 การหาคุณภาพของการออกแบบระบบแสงสว่าง ภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ดังต่อไปนี้

6.4.1 ทำเรื่องขอหนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ เพื่อดำเนินการในการประเมินคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงาน

6.4.2 นำหนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเสนอผู้เชี่ยวชาญ นัดวันเวลาและสถานที่ในการประเมินคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงาน

6.4.3 ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงาน ตามระดับน้ำหนักคะแนนความคิดเห็น โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการ แนะนำและอธิบายข้อมูลการออกแบบแบบแปลนไฟฟ้า การเลือกใช้อุปกรณ์ และการเลือกใช้เทคนิคต่างๆ และตารางการใช้งานโหลดแสงสว่าง พร้อมทั้งตอบข้อคำถามตามที่คุณผู้เชี่ยวชาญได้ซักถามกับคณะผู้วิจัย

6.4.4 นำผลที่ได้จากการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย การหาคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงานในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้นำผลการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญมาหาคุณภาพ โดยใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาข้อมูล ดังนี้

6.5.1 การหาค่าเฉลี่ย

การหาค่าเฉลี่ย มีสูตรทางสถิติ ดังนี้ (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2549 : 153)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนน

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

6.5.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีสูตรในทางสถิติ ดังนี้ (ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2549 : 153)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{(N-1)}}$$

เมื่อ $S.D$ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N = จำนวนครั้งของการประเมิน

X = ค่าคะแนนของการประเมินในแต่ละครั้ง

7. ผลการดำเนินงาน

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพและหาคุณภาพ การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบแสงสว่างให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง ลดการใช้พลังงาน จากนั้นจึงนำไปหาประสิทธิภาพและประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ โดยผลของการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้



7.1 ผลการคำนวณลักษณะของการส่องสว่างและการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าเพื่อประหยัดพลังงาน

7.1.1 วิธีคำนวณวิธีลูเมน (Lumen Method) ห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีขนาด 87.5 ตารางเมตร ใช้โคมฟลูออเรสเซนต์ชนิดซ่อนบนที่บาร์ขนาดโคม 60x120 เซนติเมตร เลือกใช้โคมเบอร์แคตอัลคเบอร์ 2 หลอด 18 วัตต์ ฟลักซ์ส่องสว่าง 2,600 ลูเมนต่อหลอด จำนวน 2 หลอดต่อโคม และห้องมีการบำรุงรักษาดี กำหนดค่า CU = 0.5 MF = 0.7 (โคมหลอดคู่ ตะแกรงอะลูมิเนียม) คำนวณหาจำนวนดวงโคมที่ใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างโดยวิธี Room Index Method (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2550).

จากสูตร

$$TL = \frac{E.A}{CU.MF}$$

แทนค่า $TL = \frac{300 \times 87.5}{0.5 \times 0.7} = \frac{26,250}{0.35} = 75,000$ ลูเมนต์

หาจำนวนดวงโคมทั้งหมด

$$N = \frac{TL}{\text{จำนวนลูเมน ต่อโคม}}$$

$$= \frac{75,000}{2 \times 2,600} = \frac{75,000}{5,200}$$

$$= 14.432 \text{ โคม (เลือกใช้ดวงโคมทั้งสิ้น 14 ดวงโคม)}$$

7.1.2 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคมไฟฟ้าภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน

โดยพิจารณาจากพื้นที่ทั้งหมดต่อหนึ่งดวงโคม (ชำนาญ ห่อเกียรติ. 2538)

จากสูตร

$$A = \frac{A_T}{N_T} = \frac{87.5}{14} = 6.25 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{พื้นที่ต่อหนึ่งดวงโคมไฟฟ้า (A)} = 6.25$$

ระยะห่างระหว่างดวงโคมไฟฟ้า (S)

$$S = \sqrt{\frac{A_T}{N_T}} = \sqrt{6.25} = 2.5 \text{ เมตร}$$

ระยะห่างระหว่างดวงโคมไฟฟ้า (S) = 2.5 เมตร

เลือกใช้ดวงโคมเบอร์ 30 จะได้ S/MH = 1.0 วางดวงโคมไฟฟ้าสูงจากพื้น 3 เมตร

โคมมีค่า MH = 3 เมตร ดังนั้น ค่า S = 1.0 x 3 = 3 เมตร

และวางห่างจากผนังสูงสุด S/2 = 3/2 = 1.5 เมตร

$$SC = \frac{S}{MH} = \frac{\text{ระยะห่างระหว่างดวงโคม}}{\text{ความสูงของดวงโคมเหนือพื้นงาน}}$$

$$SC = \frac{S}{MH} = \frac{2.5}{3} = 0.83$$

หมายเหตุ ระยะห่างจากดวงโคมถึงผนังก็เป็นค่าที่ควรคำนึงถึง โดยจะต้องมีระยะห่างจากผนังไปยังดวงโคมไม่เกินครึ่งหนึ่งของค่าระยะห่างระหว่างดวงโคม (S/2)

7.1.3 การเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T8 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T5 และหลอดแอลอีดี และตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการใช้พลังงาน

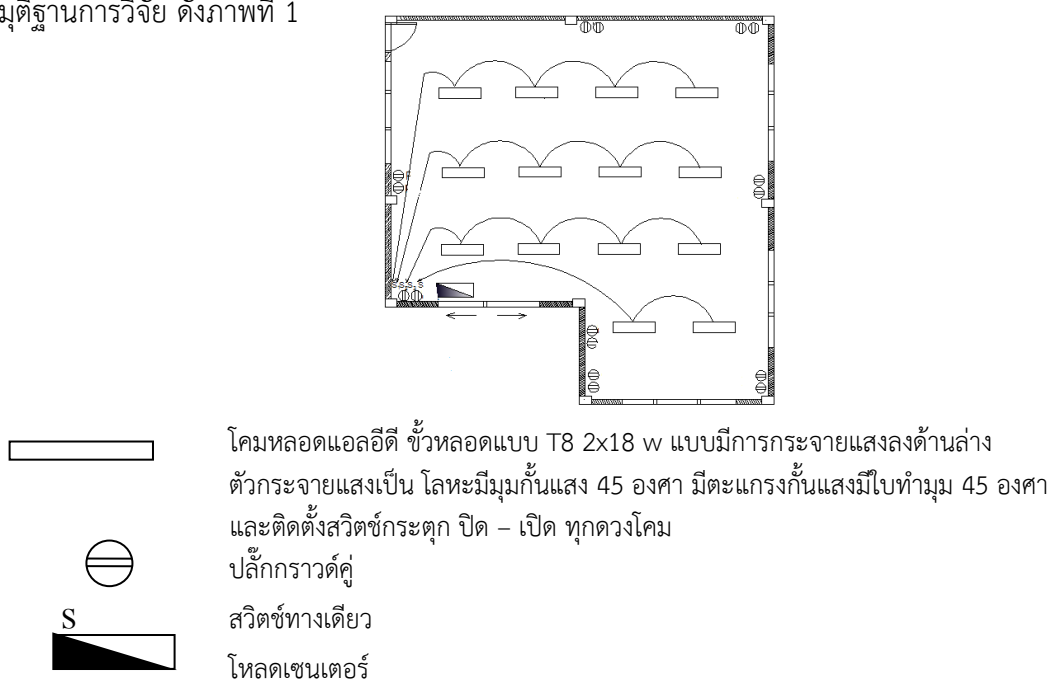
รายการ	หลอด T8	หลอด T5	การเลือกใช้ อุปกรณ์ที่มี ประสิทธิภาพ สูง	หมายเหตุ
จำนวนดวงโคม	14	14	14	
จำนวนหลอดต่อโคม	2	2	2	
อัตราการกินไฟ(วัตต์/หลอด) (รวมบัลลาสต์)	46	28	18	
ชั่วโมงการทำงาน(ชั่วโมง/วัน)	8	8	8	
วันทำงาน(วัน/ปี)	300	300	300	
อัตราค่าไฟต่อหน่วย(บาท)	3.00	3.00	3.00	
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้(กิโลวัตต์/ปี)	3,092	1,882 (เทียบกับหลอด ชนิด T8)	1,210	
พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัด ได้(กิโลวัตต์/ปี)	-	1,210	1,882 และ 672	เมื่อเทียบกับ หลอดชนิด T8 และชนิด T5
ร้อยละพลังงานไฟฟ้าที่สามารถ ประหยัดได้	-	39.13 (เทียบกับหลอด ชนิด T8)	62.13 35.71	เมื่อเทียบกับ หลอดชนิด T8 และชนิด T5
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน(บาท/ปี)	9,276	5,646	3,630	
ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ (บาท/ปี)		3,630 (เทียบกับหลอด ชนิด T8)	5,645 และ 2,016	เมื่อเทียบกับ หลอดชนิด T8 และชนิด T5
ร้อยละค่าใช้จ่ายที่สามารถ ประหยัดได้	-	39.13 (เทียบกับหลอด ชนิด T8)	60.86 21.73	เมื่อเทียบกับ หลอดชนิด T8 และชนิด T5

จากตารางที่ 1 จะพบว่าการเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T8 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T5 และหลอดแอลอีดี มีดังนี้

จำนวนดวงโคมที่ใช้ มีจำนวน 14 ดวงโคม จำนวนหลอดต่อโคม มีจำนวน 2 หลอดต่อโคม อัตราการกินไฟ(วัตต์/หลอด) หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับ 46 วัตต์/หลอด (รวมบัลลาสต์) หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 เท่ากับ 28 วัตต์/หลอด และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง



เท่ากับ 18 วัตต์/หลอด ชั่วโมงการทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน วันทำงาน 300 วัน/ปี อัตราค่าไฟต่อหน่วย 3 บาท พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T8 เท่ากับ 3,092 กิโลวัตต์/ปี หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 เท่ากับ 1,882 กิโลวัตต์/ปี และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงเท่ากับ 1,210 กิโลวัตต์/ปี พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ เมื่อใช้ฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับ 1,210 กิโลวัตต์/ปี และเมื่อเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับ 1,882 กิโลวัตต์/ปี และแทนฟลูออเรสเซนต์แบบ T5 เท่ากับ 672 กิโลวัตต์/ปี ร้อยละพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ เมื่อใช้ฟลูออเรสเซนต์แบบ T5 แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับร้อยละ 39.13 และเมื่อเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับร้อยละ 62.13 และแทนฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 เท่ากับร้อยละ 35.71 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับ 9,276 บาท/ปี หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 เท่ากับ 5,646 บาท/ปี และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง 3,630 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ เมื่อใช้เมื่อใช้ฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับ 3,630 บาท/ปี และเมื่อเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับ 5,645 บาท/ปี และแทนฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 เท่ากับ 2,016 บาท/ปี ร้อยละค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ เมื่อใช้เมื่อใช้ฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับร้อยละ 39.13 และเมื่อเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบ T8 เท่ากับร้อยละ 60.86 และแทนฟลูออเรสเซนต์ แบบ T5 เท่ากับ ร้อยละ 21.73 สรุปได้ว่าการออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงาน จากการหาประสิทธิภาพโดยวิธีการคำนวณลักษณะของการส่องสว่าง และการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น เป็นไปตาม สมมุติฐานการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบแปลนระบบไฟฟ้าและแสงสว่างห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์

7.2 ผลการประเมินคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานเพื่อ
การประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานเพื่อการ
ประหยัดพลังงาน

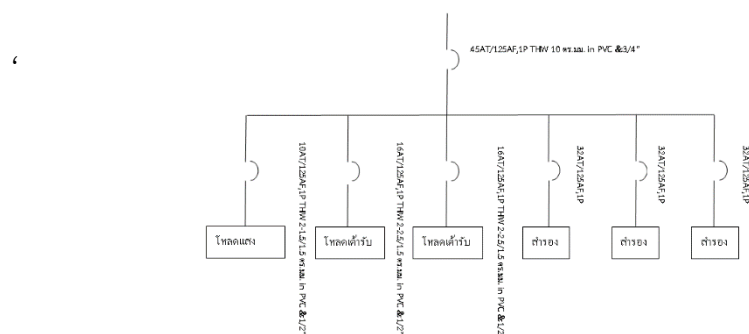
รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	$\bar{X}$	S.D.	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5				
1. การออกแบบระบบแสงสว่างมีความสอดคล้อง กับ วัตถุประสงค์เพื่อการประหยัดพลังงาน	4	5	4	5	5	23	4.60	0.55	ดีมาก
2. การเลือกวิธีการให้แสงสว่างมีความ เหมาะสม	4	4	4	5	4	21	4.20	0.45	ดี
3. การเลือกใช้อุปกรณ์ระบบแสงสว่างมีความ เหมาะสม	5	4	4	5	5	23	4.60	0.55	ดีมาก
4. การออกแบบจำนวนโคมไฟฟ้าสำหรับ ส่องสว่าง มีความเหมาะสม	4	4	4	5	5	22	4.40	0.55	ดี
5. การออกแบบการจัดวางตำแหน่งของโคม ไฟฟ้า มีความเหมาะสม	4	5	4	5	3	21	4.20	0.84	ดี
6. ความสว่างที่ต้องการใช้งานมีความเหมาะสม	4	5	4	4	4	21	4.20	0.45	ดี
7. การใช้เทคนิคในการควบคุมระบบแสงสว่าง มีความเหมาะสม	4	4	5	4	5	22	4.40	0.55	ดี
8. การออกแบบมีความสะดวกในการนำไป ติดตั้ง	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	ดีมาก
9. การออกแบบมีความปลอดภัยในการใช้งาน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	ดีมาก
10. การออกแบบระบบแสงสว่างสามารถ ลดการใช้พลังงานได้อย่างมีคุณภาพ	5	4	5	5	5	24	4.80	0.45	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย							4.50	0.49	ดี

การวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงาน
สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อประหยัดพลังงานของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดย
คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 2 จะพบว่าผลการประเมินคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้อง
สำนักงานเพื่อประหยัดพลังงานในภาพรวมอยู่ในระดับดี และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และ
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.49 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า จัดอยู่ในระดับที่ดีมาก
5 ข้อ ซึ่งจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ การออกแบบมีความปลอดภัยในการใช้งาน



มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 0.00 การออกแบบระบบแสงสว่างสามารถลดการใช้พลังงาน ได้อย่างมีคุณภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 การออกแบบระบบแสงสว่างมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เพื่อการประหยัดพลังงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.55 การเลือกใช้อุปกรณ์ระบบแสงสว่างมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.55 และการออกแบบมีความสะดวกในการนำไปติดตั้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.55 ตามลำดับ และจัดอยู่ในระดับดี 5 ข้อ ซึ่งจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ การออกแบบจำนวนโคมไฟฟ้าสำหรับส่องสว่างมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 การใช้เทคนิคในการควบคุมระบบแสงสว่าง มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 การเลือกวิธีการให้แสงสว่างมีความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 การออกแบบการจัดวางตำแหน่งของโคมไฟฟ้ามีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.84 และความสว่างที่ต้องการใช้งานมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.45 ตามลำดับ ดังในภาพที่ 2 และในตารางที่ 3



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมเส้นเดียวของห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 3 รายการโหลด

วงจร ที่	รายการโหลด	โหลด(VA)			เซอร์กิตเบรกเกอร์			สายไฟฟ้า และท่อร้อยสาย
		A	B	C	ขั้ว	AF	AT	
1	แสงสว่าง	840.84			1	125	10	THW 2-1.5 ตร.มม.,PVC &1/2"
2	เตารับใช้งานทั่วไป	1,441			1	125	16	THW 2-2.5 ตร.มม.,PVC &1/2"
3	เตารับใช้งานทั่วไป	1,441			1	125	16	THW 2-2.5 ตร.มม.,PVC &1/2"
4	สำรอง				1	125	32	-
5	สำรอง				1	125	32	-
6	สำรอง				1	125	32	-
TOTAL		3,722.84			CB 45 AT/125 AF, 1P			
		3,722.84			Cond. THW 10 ตร.มม. G10 ตร.มม. in PVC &3/4"			

หมายเหตุ AF ของเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตแผงสวิตช์(โหลดเซนเตอร์)

8. สรุปผลและอภิปรายผล

ในการวิจัยการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพและหาคุณภาพระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล แล้วนำข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นมาทำการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบไปด้วยแผนผังระบบแสงสว่าง ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และตารางการใช้งานโหลด จำนวน 1 แพลน ห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีพื้นที่ 87.5 ตารางเมตร และการออกแบบระบบแสงสว่างใช้วิธีการคำนวณลักษณะของการส่องสว่าง วิธีคำนวณวิธีลูเมนต์ (Lumen Method) เพื่อนำมาใช้ในระบบแสงสว่าง ลดการใช้พลังงานภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

สรุปผลการหาประสิทธิภาพของการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน มีดังนี้

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการคำนวณลักษณะของการส่องสว่าง การหาจำนวนดวงโคมทั้งหมด การจัดวางตำแหน่งของดวงโคมไฟฟ้า การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และการเลือกใช้เทคนิคต่างๆ ในการออกแบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน จากนั้นนำมาเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน พบว่า สามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น เป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

การหาคุณภาพของการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน มีดังนี้

คณะผู้วิจัยได้ทำการเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน โดยผลของการประเมินคุณภาพของการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน ในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.49 แสดงว่า การออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน สามารถนำไปใช้ในการติดตั้งระบบแสงสว่างเพื่อลดการใช้พลังงานภายในห้องสำนักงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องวางแผนและออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าเพื่อประหยัดพลังงาน โดยได้ทำการประชุมปรึกษาหารือ และดำเนินการออกแบบแผนผังระบบแสงสว่าง ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และตารางการใช้งานโหลด โดยการออกแบบให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์คือการประหยัดพลังงาน แต่เนื่องจากห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นห้องสำนักงานซึ่งในการออกแบบและการก่อสร้างไม่ได้กำหนดทิศทาง รูปทรง สัดส่วน องค์ประกอบต่างๆ ของห้องและวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้าง ให้สอดคล้องในเรื่องของการประหยัดพลังงาน ทำให้คณะผู้วิจัยไม่สามารถ ออกแบบให้แสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อส่องสว่างได้ เนื่องจากทิศทางกับระดับความสว่างของ



แสงธรรมชาติ จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมากตลอดช่วงระยะเวลาของวัน จึงต้องทำการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยไม่ได้คำนึงถึงการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาช่วย จึงได้ใช้วิธีการเลือกระดับความส่องสว่างให้เหมาะสม โดยเลือกระบบการให้แสงหลัก ทำให้สามารถให้แสงสว่างได้ทั่วพื้นที่ ซึ่งเป็นวิธีการให้แสงสว่างจากโคมไฟที่ติดตั้งกระจายอย่างสม่ำเสมอบนเพดาน ทำให้มีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่ สามารถทำกิจกรรมหรือย้ายโต๊ะทำงานไปยังตำแหน่งต่างๆ โดยแสงสว่างยังคงมีความสว่างเพียงพอและสม่ำเสมอ การใช้อุปกรณ์เป็นชนิดประสิทธิภาพสูง เช่น การใช้หลอดแอลอีดีทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T5 และแบบ T8 และการใช้โคมไฟชนิด Reflector ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ในการสะท้อนแสงสูง โดยจะทำให้ได้ความสว่างออกมาสูงกว่าโคมไฟชนิดอื่นๆ เป็นต้น เลือกการใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อใช้ในการควบคุมระบบแสงสว่าง เช่น การใช้สวิตช์กระตุกเพื่อควบคุมการปิด-เปิดไฟ เป็นต้น และเลือกใช้วิธีในการทำการบำรุงรักษาระบบแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน เนื่องจากถ้าไม่มีการบำรุงรักษาจะทำให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพต่ำลงและทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำลงตามไปด้วย เพราะวาระดับความสว่างจะลดลงจากค่าที่ได้กำหนดไว้ในตอนที่ทำการออกแบบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยเลือกใช้วิธีคำนวณวิธีลูเมน (Lumen Method) เพื่อคำนวณหาจำนวนดวงโคมไฟในการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยในการคำนวณเลือกใช้ดวงโคมไฟทั้งสิ้น 14 ดวงโคม หลังจากนั้นทำการคำนวณการใช้พลังงาน การจัดวางตำแหน่งของดวงโคมไฟ เพื่อให้จะทำให้การวางตำแหน่งของดวงโคมไฟให้เหมาะสม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการเขียนแผนผังระบบแสงสว่างและตารางโหลดห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นำแผนผังระบบแสงสว่าง ตารางเปรียบเทียบการใช้พลังงาน และตารางโหลดเสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม และทำการปรับปรุงแก้ไขการออกแบบแผนผังระบบแสงสว่าง ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ในการดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุง ตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้และได้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ โดยได้รับคำแนะนำและข้อเสนอแนะมาตลอดและกระบวนการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงานจนเสร็จสิ้นกระบวนการ อีกทั้งยังผ่านการหาประสิทธิภาพ และประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ จึงทำให้ได้การออกแบบระบบแสงสว่างแบบภายในห้องสำนักงานสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประหยัดพลังงาน สามารถนำไปใช้ในการติดตั้งระบบแสงสว่างเพื่อลดการใช้พลังงานภายในห้องสำนักงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพ เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะการวิจัย

9.1.1 ก่อนที่จะทำการออกแบบระบบแสงสว่างได้นั้น ผู้ออกแบบจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลของแต่ละระบบให้เข้าใจทฤษฎีและการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างถ่องแท้เสียก่อน เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการออกแบบให้มีความถูกต้องมากที่สุด

9.1.2 ในการออกแบบระบบแสงสว่างนั้น ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงกฎข้อบังคับและมาตรฐานต่าง ๆ ทั้งมาตรฐานของอุปกรณ์และมาตรฐานการติดตั้ง มาตรฐานการออกแบบของการ

ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้น

9.1.3 ในการออกแบบระบบแสงสว่างควรออกแบบให้ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน มีความปลอดภัยในการใช้งานทุกขั้นตอน อีกทั้งจะต้องแน่ใจว่ามีความปลอดภัยจริง รวมทั้งจะต้องใช้งานได้ตามเป้าหมาย

9.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

9.2.1 ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องสำนักงานที่เน้นถึงวิธีการประหยัดพลังงานเป็นหลัก ซึ่งในการนำไปติดตั้งจริงจะต้องพิจารณาประกอบกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ งบประมาณอุปกรณ์ ความยากง่ายและวิธีการติดตั้งวัสดุต่าง ๆ, ระยะเวลาการลงทุน, ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์และงานระบบอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง เป็นต้น

9.2.2 ในการออกแบบการให้แสงสว่างภายในอาคารควรมีการทดสอบจากพื้นที่จริงที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับพื้นที่ที่ออกแบบไว้ เพื่อประเมินผลเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการวิจัยและผลที่ได้จากการประเมินในที่จริงว่าใกล้เคียงกันหรือไม่

9.2.3 การประหยัดพลังงานมีหลายวิธี การที่จะนำวิธีการต่าง ๆ มาใช้รวมกันจะต้องพิจารณาว่าสามารถใช้รวมกันได้หรือไม่และช่วยส่งเสริมกันในการใช้งานจริงและประหยัดพลังงานลงเมื่อเปรียบเทียบกันก่อนที่จะผานวิธีการเข้าด้วยกันหรือไม่ เพราะในบางวิธีการอาจมีความขัดแย้งกัน หากนำมาใช้รวมกันอาจส่งผลให้การประหยัดพลังงานไม่สามารถ ใช้งานได้เต็มที่เท่าที่ควร

9.2.4 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในสำนักงานเพื่อประหยัดพลังงานเป็นเพียงส่วนหนึ่งในการใช้จัดการทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพที่สุด โดยคำนึงถึงการใช้พลังงานในอาคารเป็นหลัก ผลสัมฤทธิ์ของการออกแบบยังขึ้นอยู่กับปัจจัยประกอบอื่น ๆ เช่น นโยบายของหน่วยงาน การบริหารงานภายในอาคาร รวมถึงจิตสำนึกของผู้ใช้อาคาร ฯลฯ ดังนั้นประเทศชาติจะสามารถลดการสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานได้จะต้องอาศัยความร่วมมือของทุกคน

9.2.5 ควรมีการพิจารณาระบบควบคุมอาคารอัตโนมัติ (Building Automation System) มาประยุกต์ใช้กับการประหยัดพลังงานในระบบต่างๆ ภายในอาคารได้โดยจะสามารถตรวจวัด ควบคุมการใช้พลังงานให้เป็นไปตามแผนการประหยัดพลังงานได้ แต่ทั้งนี้ควรพิจารณาความเหมาะสมในการลงทุนและความสามารถบุคลากรที่รับผิดชอบด้วย

10. เอกสารอ้างอิง

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2549). การวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติด้วย SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ :

วี.อินเตอร์ ปรีณท์.

ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. (2545). เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง (ฉบับปรับปรุง).

กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).



- ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. (2550). **การออกแบบระบบแสงสว่าง**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ชำนาญ ห่อเกียรติ. (2538). **เทคนิคการส่องสว่าง เอกสารประกอบการอบรม หลักสูตร การส่องสว่าง**. กรุงเทพฯ : สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย.
- พิบูลย์ ดิษฐอุตม. (2528). **การออกแบบระบบแสงสว่าง**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.
- สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. (2553). **คู่มือการอบรม ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำอาคาร ควบคุมภาครัฐ**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มิติการพัฒนาและแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ “จากแนวคิดการออกแบบสู่การปฏิบัติ”

Product Development and Problem Solving "concept to implementation"

บัญชา ชื่นจิต^{1*}

^{1*} สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Bancha248@gmail.com

การออกแบบผลิตภัณฑ์มีความสำคัญต่อมนุษย์มาเป็นเวลาช้านานซึ่งในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เกิดการพัฒนารูปแบบและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการทั้งในด้านประโยชน์ใช้สอย ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย รวมไปถึงความบันเทิงในด้านอารมณ์และจิตใจต่อผู้บริโภคในกลุ่มต่าง ๆ ทั้งนี้ในทุกหน่วยงานและองค์กรจึงให้ความสำคัญกับการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์และการบริการ โดยหลายแห่งได้จัดตั้งหน่วยงานการวิจัยและพัฒนาขึ้นมาในองค์กรนั้น ๆ เพื่อศึกษาถึงปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และหาวิธีการขจัดปัญหาเหล่านั้นรวมถึงการพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ทั้งนี้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นจำเป็นต้องมีมุมมองในหลากหลายมิติเพื่อให้การออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เกิดความสมบูรณ์แบบในด้านต่าง ๆ

1. การออกแบบในมิติด้านวิศวกรรม

การที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความพึงพอใจต่อผู้ใช้มีเรื่องง่าย ทั้งนี้การออกแบบสามารถหาความพึงพอใจนั้นได้จากกระบวนการศึกษาวิจัย กระบวนการสืบค้นข้อมูล และกระบวนการอื่น ๆ เพื่อได้มาซึ่งข้อมูลที่แท้จริงในการนำมาสู่การตัดสินใจในการออกแบบผลิตภัณฑ์ การที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะตัดสินใจที่จะเลือกซื้อสินค้าอย่างใดอย่างหนึ่งนั้นเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะเริ่มตั้งแต่การผลิตจนกระทั่งสินค้าหมดอายุ ส่วนระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพมีสูงเพียงใดขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตเริ่มตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตที่เหมาะสม จนกระทั่งผลผลิตที่ออกมาตามคุณภาพที่ได้วางแผนไว้

ความคุ้มค่า เป็นการบริหารจัดการและใช้ทรัพยากรที่มีจำกัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่งในการออกแบบผลิตภัณฑ์จะกล่าวถึงความคุ้มค่าในด้านของความทนทาน ความประหยัด การใช้งานที่หลากหลาย และอื่น ๆ เช่น รูปแบบของผลิตภัณฑ์ มีความแข็งแรงทนทาน สามารถใช้งานได้เนิ่นนาน ประหยัด คุ้มค่ากับราคาที่ตัดสินใจซื้อไป เป็นต้น

การปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เป็นการปรับปรุงที่เกิดขึ้นจากความพยายามอย่างต่อเนื่อง ค่อยเป็นค่อยไปในการปรับปรุงจากมาตรฐานเดิมที่มีอยู่ให้ดีขึ้น เช่น การปรับปรุงรูปแบบของการชาร์ตโทรศัพท์มือถือโดยมีระบบรองรับการชาร์ตแบบเตอรีแบบไร้สาย ทั้งนี้จะส่งผลต่อการแข่งขันและเกิดการดึงดูดใจและการยอมรับต่อผู้ใช้

การออกแบบทางวิศวกรรมผู้ที่ทำการออกแบบจะต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อให้ออกมามีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของลูกค้าและสังคม ซึ่งพื้นฐานในการออกแบบวิศวกรรมจะประกอบไปด้วยศาสตร์ความรู้ต่าง ๆ เช่น พื้นฐานทางด้านวัสดุศาสตร์ พื้นฐานทางด้านกรรมวิธีการผลิต พื้นฐานทางด้านสิ่งแวดล้อม พื้นฐานทางด้าน



การออกแบบ พื้นฐานทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น โดยนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการออกแบบทางด้านวิศวกรรม ซึ่งกล่าวโดยสรุปกระบวนการออกแบบวิศวกรรมสามารถกระทำได้ ดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ซึ่งเป็นการศึกษาและทำความเข้าใจถึงปัญหานั้น ๆ รวมถึงความท้าทายวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อที่จะกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์และการบริการ ตลอดจนวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด ในการนำมาเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์หัตถ์ตัดสินใจต่อไป

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อการสร้างนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์และการบริการ ตลอดจนวิธีการในการแก้ปัญหานั้น ๆ โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ทรัพยากรในการดำเนินงาน ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ซึ่งเป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์และการบริการ ตลอดจนวิธีการในการแก้ปัญหา แล้วจึงดำเนินการลงมือสร้างนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์และการบริการ วิธีการในการแก้ปัญหาชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. การทดสอบ การประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาผลิตภัณฑ์ (Testing, Evaluation and Design Improvement) ซึ่งจะเป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์หรือการบริการ รวมถึงวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นมา โดยผลการทดสอบที่ได้จะนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์และการบริการ (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์และการบริการ หรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นได้รับทราบเข้าใจ โดยในขั้นตอนนี้อาจได้ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไป

1. ตัวอย่าง (Example)

Step 1 : Problem Identification

ผู้ผลิตสินค้าได้รับข้อมูลจากลูกค้าว่า บรรดาอุปกรณ์ภายในห้องโดยสารของรถยนต์รุ่นหนึ่งพบว่า กล้องคอนโซลสำหรับเท้าแขน (Console) เกิดการเสียหายบ่อยครั้งมากกว่าอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น การแตกของฝาปิดกล่องคอนโซลเนื่องจากการรับน้ำหนักมาก การเสียหายที่เกิดจากการปิดเปิดโดยการยกขึ้นยกลงบ่อยครั้งเพื่อยึดสิ่งของต่าง ๆ ภายในกล่องคอนโซล และอื่น ๆ

Step 2 : Related Information Search

เมื่อผู้ผลิตได้เล็งเห็นถึงความสำคัญกับปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น (เพื่อเป็นการรักษาชื่อเสียงของผู้ผลิต, การรับผิดชอบในฐานะผู้ผลิต, การถูกบังคับด้วยการคุ้มครองของผู้บริโภคหรือข้อกฎหมาย

ฯลฯ) ผู้ผลิตจึงได้ดำเนินการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยสรุปออกมาได้ ดังนี้

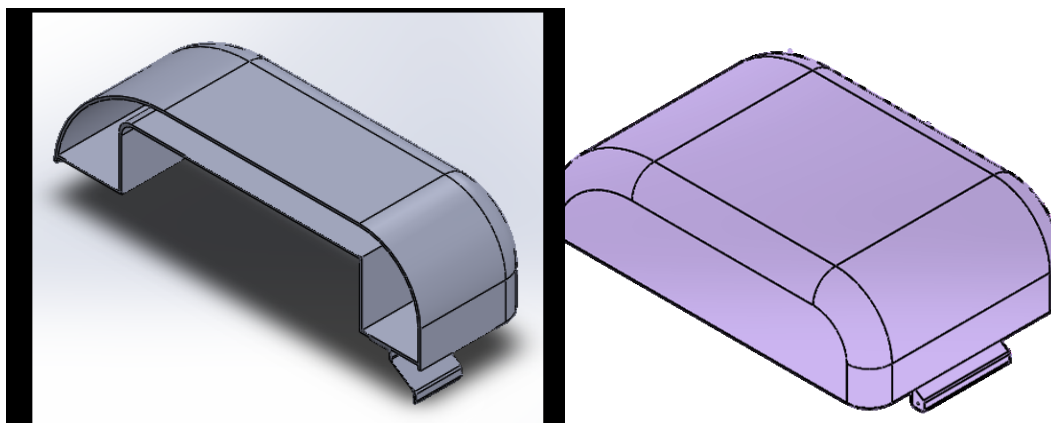
ปัญหาจากการใช้งาน เช่น การรับน้ำหนักจากแรงกระทำต่าง ๆ การใช้งานที่บ่อยครั้งและหนักหน่วง เป็นต้น

ปัญหาจากการเลือกใช้วัสดุ ส่วนใหญ่เกิดจากการเลือกใช้วัสดุผิดประเภทและไม่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลต่อการใช้งานและอายุในการใช้งาน

ปัญหาจากการออกแบบ ทั้งนี้สามารถเกิดได้จากการออกแบบโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ การออกแบบ Function เป็นต้น

Step 3 : Solution Design

จากขั้นตอนที่ผ่านมาผู้ผลิตจะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น (กรณีตัวอย่างนี้) พบว่า ได้ทำการพัฒนาออกแบบคอนโซลใหม่ ดังในภาพที่ 1 โดยกำหนดเงื่อนไขในการพัฒนา/แก้ปัญหา ดังนี้



ภาพที่ 1 Design Console

- เงื่อนไขที่ 1 คอนโซลจะต้องรับน้ำหนักจากการกดที่ 25 กิโลกรัมได้ และเกิดการแอ่นตัวได้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร
- เงื่อนไขที่ 2 คอนโซลสามารถรับแรงผลักจากการเปิดได้อย่างน้อย 30 นิวตันได้โดยไม่พัง
- เงื่อนไขที่ 3 คอนโซลจะต้องผ่านการใช้งานปิดเปิดอย่างน้อย 900,000 ครั้งตลอดอายุของการใช้งาน

Step 4 : Planning and Development

จาก Step 3 ผู้ผลิตจำเป็นต้องมีการกำหนดแผนการแก้ปัญหาให้ชัดเจนเพื่อให้การดำเนินการเป็นไปด้วยดี ซึ่งในที่นี้จะทำการกำหนดแผนการดังนี้

- จากเงื่อนไขที่ 1 โดยทำการวิเคราะห์ Displacement ในกรณีที่มี Load มากระทำที่ 25 กิโลกรัม ถ้าเงื่อนไขผ่านก็จะดำเนินการต่อไป แต่ถ้ากรณีไม่ผ่านผู้ผลิตจำเป็นต้องทำการออกแบบใหม่โดยอาจจะแก้แบบผลิตภัณฑ์ด้วยการเสริมแกน (Rib) เพื่อการรับแรงได้มากขึ้น หรืออาจจะเพิ่มความหนาของวัสดุ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละกรณี

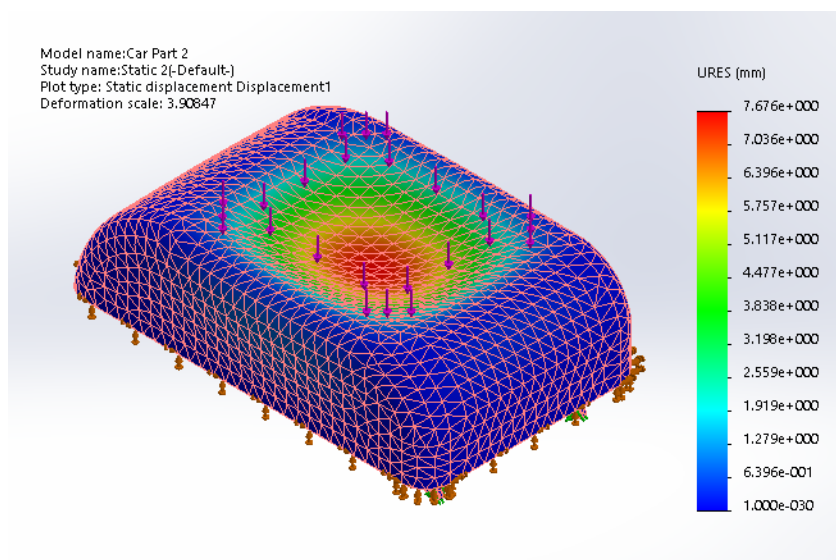
- ในกรณีเงื่อนไขที่ 1 ผ่าน ก็จะเข้าสู่เงื่อนไขที่ 2 โดยทำการวิเคราะห์ Maximum Stress เพื่อทำการศึกษาว่าชิ้นงานจะพังหรือไม่ จากการรับแรงผลักภายใต้ข้อจำกัดการหมุนของข้อต่อ



- เงื่อนไขถัดมาจะเป็นการวิเคราะห์อายุการใช้งานจากการปิดเปิดอย่างน้อย 900,000 ครั้ง โดยทำการวิเคราะห์แบบ Fatigue Analysis

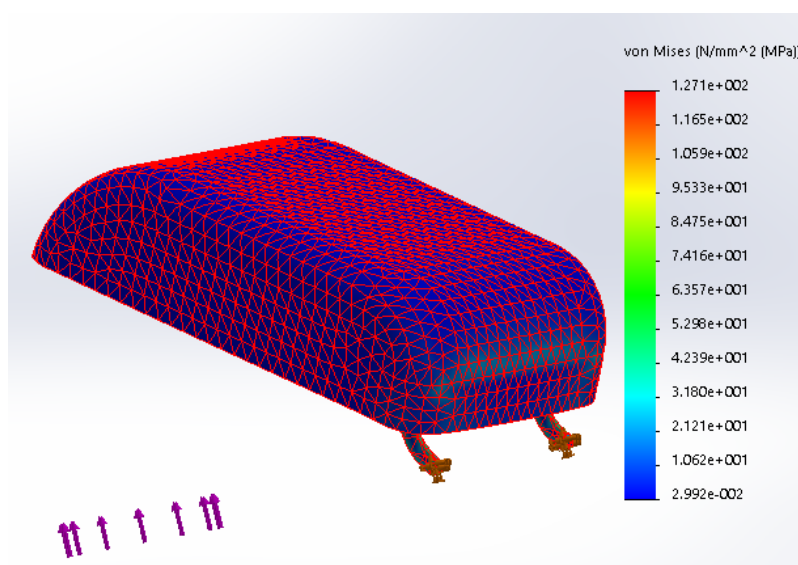
Step 5 : Testing, Evaluation and Design Improvement

ในขั้นตอนนี้ผู้ผลิตสามารถทำการทดสอบได้จากห้องปฏิบัติการหรือจากการจำลองสถานการณ์บนคอมพิวเตอร์ ดังในภาพที่ 2



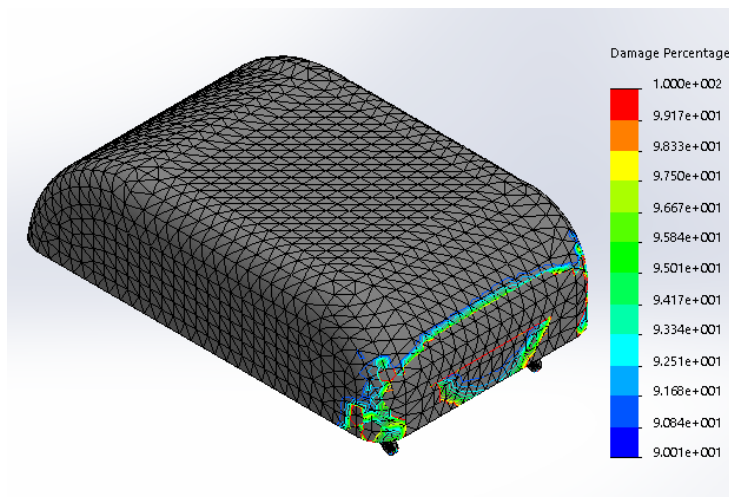
ภาพที่ 2 Design Console

จากภาพที่ 2 คอนโซลสามารถรับน้ำหนักจากการกดที่ 25 กิโลกรัมได้ และเกิดการแอ่นตัวไม่เกิน 8 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขของการออกแบบที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 Stress of Console

จากภาพที่ 3 คอนโซลสามารถรับแรงผลักรจากการเปิดด้วยแรง 30 นิวตันได้โดยไม่เกิดการพังเสียหาย ดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 Fatigue Life Factor

คอนโซลจะต้องผ่านการใช้งานปิดเปิดอย่างน้อย 900,000 ครั้งตลอดอายุการใช้งานซึ่งเราจะทราบได้จากค่า Fatigue Life Factor ที่บ่งบอกถึงการรับแรง จากการวิเคราะห์พบว่าอายุการใช้งานที่ 900,000 ครั้ง คอนโซลเกิดการเสียหายก่อน ดังนั้นนักออกแบบจำเป็นต้องกลับไปพิจารณา Step 3 อีกครั้งเพื่อทำการออกแบบแก้ปัญหาต่อไป และเมื่อผู้ออกแบบได้ดำเนินการแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้วจึงไปสู่ขั้นตอนต่อไป

Step 6 : Presentation

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเสนอถึงคุณลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่เราได้ทำการพัฒนา/แก้ปัญหา เพื่อให้ผู้บริโภครับทราบและเกิดความมั่นใจต่อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

2. การออกแบบในมิติด้านสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญในด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผู้คนทั่วไปในโลกจึงได้มีกฎหมายต่าง ๆ ออกมาเพื่อบังคับใช้กับผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น ผู้ผลิตจะต้องรับผิดชอบต่อการจัดผลิตภัณฑ์หลังจากหมดอายุการใช้งานรวมถึงบรรจุภัณฑ์หีบห่อของสินค้านั้น ๆ การห้ามใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต รวมไปถึงการหมดอายุของผลิตภัณฑ์

ในการออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการออกแบบซึ่งได้แก่ ความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์ (Product Economics) ความต้องการของลูกค้า (Customer Requirements) ความสามารถในการผลิต (Manufacturability) และผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานได้อย่างที่ต้องการ (Required Product Functions) ทั้งนี้ผู้ผลิตนอกจากจะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคแล้วผู้ผลิตจะได้รับประโยชน์ต่างๆ เช่น เกิดการออกแบบที่ดีขึ้น เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์

ในรุ่นต่างๆ ที่ประกอบขึ้นจากชุดประกอบย่อย (subassembly) ที่ใช้วัสดุประเภทเดียวกันหรือแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยทำให้สามารถถอดกลับมาใช้ใหม่ได้เมื่อผลิตภัณฑ์เก่าหมดอายุ ลดของเสียและประหยัดต้นทุนได้ ลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการผลิตสินค้าออกสู่ตลาดเช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากการใช้วัสดุอันตรายทำให้ผู้ผลิตสามารถผลิตสินค้าออกสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็วขึ้นเนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาในการขออนุญาตใช้วัสดุอันตรายและยังลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุอันตรายเหล่านี้ภายหลังการใช้งานเสร็จสิ้น เป็นการยกระดับบริษัทในตลาด ผู้ผลิตสามารถขยายส่วนแบ่งตลาดหรือเปิดตลาดใหม่ได้ง่ายโดยการติดคำว่า “สีเขียว” ที่ผลิตภัณฑ์เนื่องจากองค์กรต่าง ๆ ทั่วโลกสนับสนุนผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่าง (Example)

บริษัท Xerox ได้ออกแบบเครื่องถ่ายเอกสารระบบดิจิทัลรุ่นใหม่สามารถถอดส่วนประกอบย่อยต่างๆ ได้ง่าย ตัวลูกกลิ้งหลอม (fuser roll) แต่เดิมเป็นชิ้นส่วนที่ใช้แล้วทิ้งก็เปลี่ยนมาใช้วัสดุผสมระหว่างอะลูมิเนียมกับเหล็กแทน ทำให้สามารถนำกลับมาเคลือบผิวและใช้ใหม่ได้อีกหลายครั้งซึ่งบริษัทได้ออกแบบเครื่องถ่ายเอกสารรุ่นนี้ให้สามารถนำชิ้นส่วนบางชิ้นกลับมาใช้ใหม่ รีไซเคิล และนำมาผลิตใหม่เมื่อผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งานจากผู้บริโภคทำให้บริษัทประหยัดเงินได้จำนวนมาก

ภาชนะใส่อาหารผลิตด้วยวัสดุธรรมชาติ เช่น ใบตอง ใบตองตึง และใบไม้อื่น ๆ โดยนำมาทำการอบแห้งและเคลือบผิวเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา และทำการอัดขึ้นรูปตามแบบที่ต้องการ ภาชนะใส่อาหารสามารถคงรูปโดยมีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้อย่างเหมาะสม สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ทั้งนี้ยังเป็นการช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมต่อโลกอีกด้วย



ภาพที่ 5 การออกแบบมิติในด้านสิ่งแวดล้อม
ที่มา : (สมร หิรัญประดิษฐ์กุล. 2559)

เป็นการนำเศษใบไม้จากธรรมชาติมาพัฒนาเป็นภาชนะใส่อาหารสามารถจัดเก็บไว้ได้นานมากขึ้นและช่วยรักษาสีสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

3. การออกแบบมิติในด้านภูมิปัญญาและวัฒนธรรม

มิติในด้านนี้เป็นการมองถึงคุณค่าของภูมิปัญญาและวัฒนธรรมของท้องถิ่นแต่ละแห่งซึ่งวิถีชีวิตของคนในแต่ละชุมชน เป็นมรดกสืบทอดกันมา และทุกคนในท้องถิ่นย่อมมีความภาคภูมิใจในการเป็นเจ้าของร่วมกัน (ก่อให้เกิดความรักความหวงแหน) โดยมีศิลปวัฒนธรรมของท้องถิ่นเป็นตัวบ่งชี้ความสำคัญของคนในสังคมซึ่งสืบทอดกันมาช้านาน ซึ่งจะพบว่าความแตกต่างของสังคมและวัฒนธรรมเป็นความสวยงามที่ภาคภูมิใจ โดยทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสนใจในเรื่องเกี่ยวกับภูมิปัญญาและวัฒนธรรมในการพัฒนาสินค้าต่าง ๆ เช่น การรักษาโรคด้วยสมุนไพรโดยทำการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ลูกประคบต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์เครื่องเงินจากสร้อย แหวน กำไล และอื่น ๆ ได้รับการพัฒนามาเป็นเครื่องประดับตกแต่งบ้านเรือน ของที่ระลึกสำหรับนักท่องเที่ยว เป็นต้น

ตัวอย่าง (Example)

ชุมชนชาวบ้านกระโพธิ์ อำเภอนาทม จังหวัดสุรินทร์ มีวิถีชีวิตคลุกคลีกับการเลี้ยงช้างที่สืบทอดต่อ ๆ กันในหลายชั่วอายุคน ชุมชนชาวบ้านท่าสว่าง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ มีความชำนาญในเรื่องผ้าไหมทอมือที่มีชื่อเสียงจนเป็นที่ยอมรับในระดับชาติ ซึ่งนักออกแบบมักจะนำจุดเด่นเหล่านี้มาใช้ในการพัฒนาและต่อยอดผลิตภัณฑ์เพื่อให้ขยายวงกว้างและเป็นที่ยอมรับต่อไป เช่น การนำงากระดุก ขน จนกระทั่งมูลช้างที่เป็นผลพลอยได้จากการเลี้ยงช้างซึ่งเป็นวิถีชีวิตในชุมชนมาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ พระพุทธรูปแกะสลักจากงาช้าง สร้อยคอจากกระดุกช้าง ไปจนถึงกระทงกระดาษจากมูลช้าง เป็นต้น

การนำดินเหนียวในท้องถิ่นมาทำเป็นภาชนะใส่น้ำซึ่งนับว่าเป็นภูมิปัญญาทางความรู้อย่างหนึ่งที่สืบทอดกันมาแต่โบราณในแต่ละแหล่ง ซึ่งภาชนะที่ทำด้วยดินเผามีคุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่งคือการรักษาระดับอุณหภูมิของน้ำได้ดีกว่าภาชนะอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้หน้าที่อยู่ภายในอ่างดินเผาจะเย็นกว่าน้ำที่ใสในภาชนะอื่น ๆ เมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนลวดลาย รูปทรง และกรรมวิธีการผลิต



ภาพที่ 6 แนวคิดด้านภูมิปัญญาและวัฒนธรรมที่นำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์
ที่มา : (กลุ่มผลิตภัณฑ์จากกระดาษมูลช้าง. 2558)



4. สรุป

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จำเป็นจะต้องมีการพัฒนา ปรับปรุง และเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเพื่อให้ผู้บริโภคได้เกิดความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งการพัฒนาสามารถทำได้ทั้งการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์คุณภาพของการใช้งาน และอื่น ๆ ทั้งนี้เราจะทำอย่างไรเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ประสบความสำเร็จ เกิดจากแนวคิดต่าง ๆ ทั้งในด้านการออกแบบวิศวกรรม ด้านการเอาใจใส่ในสิ่งแวดล้อม การผสมผสานภูมิปัญญาและวัฒนธรรมในการออกแบบ และอื่น ๆ อันจะส่งผลต่อการวางแผนการตั้งจุดการขาย การชิงความได้เปรียบ และสร้างความโดดเด่นของผลิตภัณฑ์

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นมิติมุมมองในแต่ละด้านที่แสดงถึงความสำคัญในสิ่งนั้น ๆ ที่มีต่อผู้บริโภค ซึ่งหน้าที่ที่สำคัญของนักออกแบบที่จะนำแนวคิดต่าง ๆ เหล่านี้มาจัดการให้เกิดการเชื่อมโยงและสัมพันธ์กันอย่างลงตัว ดังนั้นผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ ที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาจะเกิดจากบูรณาการความรู้จากหลาย ๆ ศาสตร์วิชาเพื่อไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิต/ผลิตภัณฑ์/นวัตกรรมใหม่ในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มผลิตภัณฑ์จากกระดาษมูลช้าง. (2558). **ผลิตภัณฑ์จากกระดาษมูลช้าง**. เชียงใหม่ : 211/1

หมู่ 1 ตำบลสันโป่ง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่.

วิทยา สงวนวรรณ. (2540). **การวิเคราะห์โครงสร้างด้วย NX cae The Finite Element Analysis (FEA) Method**. กรุงเทพมหานคร : เอนจิเนียร์ แอนด์ อคิเทค พลัส.

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี และสถาพร วัจนาย. (2549), **SolidWorks/COSMOSWorks ขั้นพื้นฐาน (วิเคราะห์ความแข็งแรง)**. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น.

สมร หิรัญประดิษฐ์กุล. (2559). **บรรจุภัณฑ์จากใบไม้สด : “ผลิตภัณฑ์รักษ์โลก/รักษ์สิ่งแวดล้อม”** พิษณุโลก : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาพร วัจนาย. (2554). **เอกสารประกอบการสัมมนา Solid Works/COSMOSWorks**.

กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

บทบาทของวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม Role of Environmental Engineering

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัศวิน สืบบุญการณ^{1*}

^{1*} สาขาวิชาเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมมีความจำเป็นต่อสังคมมนุษย์เกิดการเปลี่ยนแปลง การเพิ่มของประชากร การเพิ่มของวัตถุดิบก่อสร้าง และความเจริญของเทคโนโลยี ทำให้ภาคอุตสาหกรรมเติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว รวมทั้งอุตสาหกรรมเกษตร เมื่อมีชุมชนที่อยู่อย่างหนาแน่นปริมาณการใช้ทรัพยากรก็มากขึ้น ฉะนั้นในภาคอุตสาหกรรมก็ผลิตสิ่งที่มีมนุษย์ต้องการในสิ่งที่ดำรงชีพ ภาคเกษตรอุตสาหกรรมก็ผลิตอาหารตามความต้องการของมนุษย์ ปัจจัยในการผลิตก็มีการใช้ทรัพยากรเช่นการใช้ น้ำ ใช้วัตถุดิบ รวมทั้งใช้ในการอุปโภคและบริโภค สิ่งเหล่านี้ เมื่อมีการใช้ จึงทำให้เกิดของเสียตามมา ในสมัยก่อนประชากรมีไม่มากการย่อยสลายตามธรรมชาติก็สามารถทำได้ จึงทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาเช่น ปัญหาน้ำเสีย มลภาวะ ขยะชุมชนรวมทั้งขยะอุตสาหกรรม ภาระงานที่เกิดขึ้นในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมหรือวิศวกรรมสุขาภิบาล (Sanitary Engineering) ได้มีการประยุกต์ศาสตร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องนำมาใช้ เช่น การใช้สารเคมีในการกรองน้ำประปา การใช้จุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียและการหมักแก๊ส นอกจากการทำให้สาขาทางด้านวิศวกรรมนี้มีความละเอียดลุ่มลึกในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม และยังเป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนในการป้องกันโรคติดต่อของประชาชน และปัญหาที่ใหญ่ที่สุดที่มนุษย์ทุกคนได้รับก็คือปัญหาโลกร้อนที่มีผลให้เกิดภัยพิบัติได้แก่น้ำท่วม แผ่นดินไหว อุณหภูมิสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฟุ่มเฟือย รวมทั้งการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง ได้ก่อให้เกิดปัญหามลพิษที่ไม่ใช่ปัญหาทางน้ำเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่รวมถึงปัญหาทางบรรยากาศและดินด้วยเช่นกัน อาทิ อากาศเสีย และสารพิษเจือปนในดิน เป็นต้น เราจะเห็นได้ว่ากิจกรรมของมนุษย์เองก่อให้เกิดมลภาวะต่อองค์ประกอบสำคัญของโลกของสิ่งมีชีวิต (Biosphere) อันได้แก่

- ก. ดิน (Lithosphere) เกิดปัญหาจากการทิ้งขยะมูลฝอยชุมชนบนดินที่ไม่ถูกสุขลักษณะ
- ข. น้ำ (Hydrosphere) เกิดจากการทิ้งของเสียลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีการบำบัดอย่างถูกวิธี
- ค. บรรยากาศ (Atmosphere) เกิดจากการเผาไหม้ตามกิจกรรมของมนุษย์

มนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในโลกจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรต่างๆ จากองค์ประกอบข้างต้นทั้งสามนี้ ในการดำรงชีพเป็นสำคัญ เช่น มนุษย์เราใช้ดินในการเพาะปลูกธัญญาหารเพื่อการบริโภค ใช้น้ำเป็นตัวลำเลียงอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกาย และขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย และใช้ออกซิเจนในบรรยากาศสำหรับหายใจ นั่นคือองค์ประกอบทั้งสามอย่างได้รับการปนเปื้อนมลพิษกระทบต่อการดำรงชีพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จะได้รับผลกระทบถึงขั้นสูญพันธุ์ได้ ด้วยเหตุนี้เองงานทางด้านวิศวกรรมสุขาภิบาลจึงได้ขยายขอบเขตออกไป เพื่อควบคุมและป้องกันมลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกิดในองค์ประกอบทั้งสามของโลกสิ่งมีชีวิตนั่นเอง และด้วยเหตุที่องค์ประกอบเหล่านั้นอยู่รอบๆ ตัวเรา งานทางด้านวิศวกรรมควบคุมเหล่านี้ จึงได้ถูกเปลี่ยนชื่อจากวิศวกรรมสุขาภิบาล มา



เป็น “วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม” โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะป้องกันทรัพยากรทั้งสามจากการปนเปื้อนมลภาวะ เพื่อประโยชน์สูงสุดต่อการใช้ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ทั้งนี้ มี สี่ปัจจัยหลักที่สำคัญของงานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมได้แก่

ก. วิศวกรรมการประปา (Water Supply Engineering) เกี่ยวข้องกับการนำน้ำใต้ดินหรือน้ำผิวดิน มาทำให้สะอาด ปราศจากเชื้อโรค แล้วส่งให้ชุมชนได้อุปโภคและบริโภคตามปริมาณการใช้ของชุมชนนั้น

ข. วิศวกรรมน้ำเสีย (Wastewater Engineering) ได้แก่การรวบรวมน้ำเสียจากแหล่งเกิด เพื่อส่งไปบำบัดตามวิธีการที่เหมาะสมก่อนระบายลงสู่สิ่งแวดล้อมไม่ให้กระทบกับแหล่งรับน้ำทิ้งนั้น ๆ

ค. วิศวกรรมกากของเสีย (Solid Waste Engineering) เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แล้วลำเลียงขนไปทำการคัดแยก หรือแปรรูป ตามกระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์จากของเสีย รวมทั้งการฝังกลบสุดท้าย

ง. วิศวกรรมมลภาวะอากาศ (Air Pollution Engineering) เกี่ยวข้องกับกิจกรรมมนุษย์ที่ปล่อยมลภาวะทำให้เกิดอากาศเสีย โดยทำการบำบัดอากาศให้ผ่านเกณฑ์แล้วปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม โดยปัจจุบันกิจกรรมนี้นำมาสู่ภาวะโลกส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

นอกจากนี้ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมมีการพัฒนาทางวิชาการอยู่ตลอดเวลาเพื่อค้นคว้าหาเทคโนโลยีที่เหมาะสม สำหรับการจัดการของเสียชนิดใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาอุตสาหกรรม เกิดขยะอุตสาหกรรม เป็นขยะอันตราย ทำให้เกิดงานขึ้นมาใหม่ คือ “วิศวกรรมของเสียอันตราย” (Hazardous Waste Engineering) ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวม บำบัดและทิ้งขั้นสุดท้ายของสารเคมีที่ไม่ย่อยสลายตามธรรมชาติ เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จะมีความแตกต่างจากงานหลัก 4 งานดังกล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยจะมีวิธีการค่อนข้างซับซ้อนกว่าและมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงกว่า

นอกจากนี้วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมยังมีงานย่อยลงไป และที่สำคัญได้แก่งาน “การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม” (Environmental Impact Assessment) ที่เกี่ยวข้องกับการทำนายผลกระทบในด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อมีกิจกรรมสำคัญขนาดใหญ่ของมนุษย์เช่น การสร้างโรงพยาบาลขนาดใหญ่ 60 เตียงขึ้นไป โรงไฟฟ้าขนาด 10 Mw เหมืองแร่ เชื้อเพลิง โรงแรมขนาด 80 ห้องขึ้นไป โดยปกติสาขาต่าง ๆ ของวิศวกรรมศาสตร์ เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ อันได้แก่ คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และเคมีเท่านั้น แต่สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมมีประเด็นสำคัญที่ทำให้แตกต่างไปจากวิศวกรรมศาสตร์สาขาอื่น ๆ ก็คือ การนำชีววิทยาและสังคมศาสตร์มาใช้งานด้วยนั่นเอง ตัวอย่างเช่น การนำเอาความรู้ทางชีววิทยามาใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ตลอดจนการใช้หลักทางสังคมศาสตร์มาช่วยในการตัดสินใจดำเนินโครงการต่างๆ เช่น การใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Human Use) และคุณภาพชีวิต (Quality of Life) ของประชาชนที่ได้รับผลกระทบ จึงกล่าวได้ว่า วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจะเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ศาสตร์อื่น ๆ เพื่อเป็นหลักการพื้นฐานสำหรับเชื่อมโยงประสานให้กับงานต่างๆ ของโครงการดำเนินต่อไปได้ เช่นการสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ โรงไฟฟ้า การทำเหมืองการก่อสร้าง ด้วยเทคโนโลยีวิศวกรรมโครงสร้าง แต่ในด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแล้ว นอกจากอพยพผู้คนออกจากพื้นที่น้ำท่วมแล้ว จะต้องพิจารณาการจัดระเบียบวิถีชีวิต การดำรงชีวิตของผู้คนเหล่านั้นใหม่ เช่นจัดหาหรือการฝึกสอนอาชีพใหม่จากเดิม

ทำน่าน้ำท่วมเขื่อนทำนาไม่ได้ มาทำอาชีพเลี้ยงปลาหรือจับปลา เป็นต้น นอกจากนี้ปลาบางชนิดอาจสูญพันธุ์ เนื่องจากไม่อาจว่ายน้ำขึ้นไปวางไข่ได้ ในขณะที่เดียวกันน้ำนิ่งหน้าเขื่อนเป็นสาเหตุทำให้สัตว์หน้าดิน (Benthos) เจริญเติบโตได้ดี เช่น หอย ซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์อย่างดีของพยาธิที่ทำให้เกิดโรคได้ ฉะนั้น นอกจากงบประมาณสำหรับการก่อสร้างเขื่อนแล้วเราต้องเตรียมงบประมาณสำหรับจัดหาพันธุ์ปลาชนิดใหม่มาเลี้ยงในเขื่อนเป็นการทดแทน รวมถึงงบประมาณในการก่อสร้างโรงพยาบาลเพื่อรักษาโรคพยาธิและโรคอื่นๆ ทวีปที่อาจเกิดขึ้นจากการดำเนินงานโครงการอีกด้วย

1. ทรัพยากรและเศรษฐศาสตร์

ในอดีตที่ผ่านมาของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของมนุษย์หรือที่เกิดจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม รวมทั้งวัสดุเหลือทิ้ง จะต้องได้รับการบำบัดที่เหมาะสมก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม มิเช่นนั้นจะเป็นการกระทำที่ผิดกฎหมายทางสิ่งแวดล้อม แต่ในปัจจุบันแนวคิดทางด้านกฎหมายและระเบียบข้อบังคับต่าง ๆ ในการบังคับให้เกิดการบำบัดของเสีย กำลังถูกแทนที่ด้วยแนวคิดทางด้านอนุรักษ์ทรัพยากรและเศรษฐศาสตร์

1.1 ทรัพยากร ของเสีย และความเสี่ยง เป็นระยะเวลานานทีเดียวที่วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมถูกเข้าใจว่าเป็นสาขาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางเทคโนโลยีสำหรับการบำบัดของเสียและการทิ้งขั้นสุดท้าย แต่ด้วยเหตุที่ทรัพยากร แร่ธาตุ หลาย ๆ ชนิดถูกนำมาใช้อย่างฟุ่มเฟือยและกำลังจะหมดไปจากที่มีอยู่ในรูปสินแร่ใต้ดิน ดังนั้นจึงมีความคิดที่จะแยก ของมีค่าใช้ได้ อีกครั้ง (โดยไม่ต้องขุดค้นหาเข้ามา) ออกจากของเสียและทำให้ของเสียกลับคืนมาเป็น ของมีค่าใช้ได้ อีกครั้ง เป็นการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ทำให้ประหยัดทรัพยากร และสามารถเก็บรักษาทรัพยากรให้ชนรุ่นหลังได้เหลือใช้ต่อไป

ด้วยจุดเด่นนี้เอง วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจึงได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีโอกาสและวิธีการที่จะพัฒนาสำหรับการแยกของเสียและนำกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตแก๊สชีวภาพจากตะกอนทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ในบ้านเราได้มีการปฏิบัติเรื่องดังกล่าวเป็นเวลานานแล้วเมื่อเทียบกับการกำเนิดสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ด้วยกันเช่น คนถือสามล้อรับซื้อหนังสือพิมพ์เก่า การทำปุ๋ยหมัก การเลี้ยงไก่ และหมู บนบ่อปลา เป็นต้น

1.2 เศรษฐศาสตร์ของการจัดการของเสีย ค่อนข้างจะแน่นอนแล้วว่า ในอนาคต วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจะดำเนินงานต่อไป ภายใต้กรอบทางเศรษฐศาสตร์ใน 2 ทิศทางที่แตกต่างไปจากในอดีต นั่นคือ อย่างแรก การขายวัสดุที่นำกลับมาใช้ได้จะชดเชยค่าใช้จ่ายของการบำบัดของเสีย หรืออาจก่อให้เกิดกำไรได้ในบางกรณี อย่างที่สอง คือ การผลักดันงานสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ภาคเอกชน (เรียกว่า Privatisation) เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่ายของภาครัฐ

ในกรณีอย่างแรกนั้น ในประเทศไทยได้มีการปฏิบัติในหลาย ๆ ชุมชน ตัวอย่างเช่น เทศบาลนครพิษณุโลกร่วมกับบริษัททวงศพาณิชย์ จำกัด รับซื้อวัสดุต่าง ๆ ที่แยกออกจากขยะมูลฝอยของชุมชนต่าง ๆ ปรากฏว่า ปริมาณขยะที่จะเข้าฝังกลบลดลงไปถึงร้อยละ 50 นั่นก็คือ อายุการใช้งานของสถานที่กลบฝังสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ที่ถูกออกแบบไว้ อาทิ 20 ปี ก็สามารถยืดออกไปได้ถึง 40 ปี ผลประโยชน์ร่วมกันที่เกิดขึ้น ก็คือ เทศบาล ๆ ก็ไม่ต้องจัดหางบประมาณสำหรับสถานที่กลบฝังขยะสุขาภิบาลใหม่ ได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งที่ยาวนาน (นั่นคือ เงินภาษีที่เก็บได้จากประชาชนสามารถนำไปใช้ด้านอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ได้มากกว่า นั่นเอง) ในขณะเดียวกัน บริษัท ๆ ก็ได้ผลกำไร



จากการขายวัสดุต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน อนึ่ง ยังมีตัวแปรของผลประโยชน์แอบแฝงอีกมากมายที่เกี่ยวข้องกับการกระทำดังกล่าว และมันเป็นการยากที่จะแปลความหมายออกมาในรูปแบบของปริมาณเงินที่เกิดขึ้น เช่น ปฏิบัติการดังกล่าวทำให้แหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคลดลง อันเป็นผลให้การเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินอาหารของประชาชนลดลง หรือทำให้คุณภาพชีวิตของประชาชนดีขึ้นจากรายได้ของการขายของใช้แล้ว หรือจากสุขอนามัยที่ดีขึ้นจากปฏิบัติการดังกล่าว เป็นต้น

การผลักดันงานสู่ภาคเอกชนมีสมมติฐานว่า การหากำไรได้ จะเป็นแรงผลักดันให้เอกชนค้นคว้าหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานเพื่อและมีคุณภาพดีกว่าของภาครัฐ ในปัจจุบันการผลักดันงานสิ่งแวดล้อมสู่ภาคเอกชนในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยและไม่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจนทั้งนี้อาจเป็นเพราะการถูกรอบงำด้วยผลประโยชน์ทางการเมือง หรือของผู้มีอิทธิพล ตลอดจนความไม่รู้เรื่องสิ่งแวดล้อมของประชาชนด้วยเช่นกัน ถึงแม้ว่าพระราชบัญญัติส่งเสริมและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมพุทธศักราช 2535 อนุญาตให้เอกชนดำเนินการด้านการจัดการของเสียของชุมชนต่าง ๆ ได้แล้วก็ตาม

2. แรงกดดันเชิงเทคนิคและข้อจำกัด

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมได้เปลี่ยนแปลงบทบาทการทำงานไปในทางที่ดี มีความร่วมมือระหว่างหน่วยงานมากขึ้น ในขณะเดียวกันความสามารถทางเทคนิคในการเปลี่ยนแปลงของเสียเป็นของมีราคาได้ทำให้สถานการณ์ทางเศรษฐศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นด้วย เพราะรายได้จากการขายวัสดุมีค่าดังกล่าวสามารถชดเชยค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการบำบัดของเสียให้เป็นไปตามกฎหมายข้อบังคับนั่นเอง และในหลายกรณีมันอาจเป็นผลกำไรที่เกิดขึ้นก็ได้

2.1 การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์มีส่วนช่วยหลาย ๆ ทางในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems = GIS) ก็เป็นตัวอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีเหล่านั้น ระบบ GIS มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อวิศวกรสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมันเกี่ยวข้องกับแผนที่ของระบบท่อระบายน้ำและถนนในเมือง ตลอดจนแผนที่ของปริมาณฝนตกและแหล่งมลภาวะอากาศและอื่น ๆ อีกมากมาย นอกจากนั้นการใช้คอมพิวเตอร์ในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมยังมีความสำคัญในอีก 2 ด้าน ด้านหนึ่งก็คือ การควบคุมกระบวนการ (Process Control) ตัวอย่างเช่น ระบบบำบัดน้ำเสียสามารถถูกควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ได้ ตั้งแต่อัตราการสูบเข้าระบบ อัตราการเติมอากาศและการทิ้งตะกอน เป็นต้น การใช้ระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านกำลังคน และช่วยลดข้อผิดพลาดของคนได้อีกเช่นกัน อีกด้านหนึ่งของการใช้ควบคุมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การทำแบบจำลอง (Modeling) ของระบบสิ่งแวดล้อมชนิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบและทำนายผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นในขั้นสุดท้ายได้อย่างถูกต้อง หรือใกล้เคียงกับความเป็นจริง

2.2 ในอนาคตพลังงานจะเกี่ยวข้องกับงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมด้วยเหตุผลหลายประการ เหตุผลประการหนึ่งก็คือ การผลิตพลังงานเป็นแหล่งกำเนิดของเสียชนิดต่าง ๆ ทั้งทางน้ำ อากาศ และดิน ตัวอย่าง เช่น การใช้ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงาน ทำให้เกิดอากาศเสียจากปล่องควัน แต่ถ้าดูดซับอากาศเสียด้วยน้ำเราก็ต้องทำการบำบัดน้ำเสียต่อไป และสุดท้ายเราต้องทำการฝังกลบเถ้าลอยที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน และตะกอนทั้งจากการบำบัดน้ำเสียอย่างถูกวิธีอีกด้วย เหตุผลประการที่สองคือ วิธีบำบัดและทิ้งของเสียต่าง ๆ จำเป็นต้องใช้พลังงานในการเดินระบบ ฉะนั้น กระบวนการต่าง ๆ

จะมีความเป็นไปได้อาจขึ้นอยู่กับราคาค่าใช้จ่ายของพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ ตัวอย่าง เช่น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศจะใช้พลังงานมากกว่าระบบบ่อปรับเสถียรหรือระบบบำบัดแบบธรรมชาติ เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ เป็นต้น แต่ระบบเติมอากาศจะใช้พื้นที่น้อยกว่า ดังนั้น ในชุมชนเมืองหนึ่ง ๆ มักจะเริ่มต้นสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร หรือพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ ณ บริเวณแถบชานเมือง ซึ่งที่ดินยังมีราคาถูกต่อมาในอนาคตตัวเมืองขยายความหนาแน่นไปถึง จึงค่อยเปลี่ยนแปลงเป็นระบบเติมอากาศ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าแล้วนำที่ดินที่เหลือไปทำการพัฒนาเพื่อนำรายได้ไปทำการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียตามแถบชานเมืองรอบนอกต่อไป

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า การพัฒนาประเทศจำเป็นต้องมีพลังงานอย่างเพียงพอสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในการเดินเครื่องจักรกลของกระบวนการผลิตสินค้า และประเทศไทยมีเสถียรภาพทางด้านพลังงานต่ำมาก เนื่องจาก ประเทศเราไม่มีทรัพยากรปิโตรเลียมมากพอ จึงจำเป็นต้องสั่งซื้อน้ำมันดิบจากต่างประเทศมาใช้ผลิตพลังงานเป็นส่วนใหญ่ ฉะนั้น สถานการณ์ที่ทำให้ความหวัง (แต่ไม่มากนัก) ก็คือ การหมุนเวียนใช้พลังงาน (Energy Recovery) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในปัจจุบัน ได้แก่ การผลิตแก๊สมีเทนจากการหมักมูลชีวภาพ อาทิ ตะกอนทิ้งจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย หรือหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย นอกจากนั้น เราอาจได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอยด้วยเช่นกัน

2.3 ปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลก วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลก (Global Environmental Issues) โดยมีบางส่วนที่ช่วยทำให้สถานการณ์ดีขึ้น ด้วยหลักการของการนำของเสียกลับไปใช้ประโยชน์

ประเด็นแรก ก็คือ ปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มมากขึ้นในชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของปรากฏการณ์เรือนกระจก และเชื่อว่าทำให้ภูมิอากาศของโลกแปรเปลี่ยนนั้น เป็นผลมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ฉะนั้น การหมุนเวียนเชื้อเพลิง อาทิ แก๊สมีเทนจากมูลชีวภาพจะหมุนเวียนคาร์บอนที่มีอยู่แล้วในโลกของสิ่งมีชีวิต และช่วยลดปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ถูกเผาไหม้ เราจะเห็นได้ว่า นี่เป็นรูปแบบทางอ้อมหนึ่งของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ นั่นคือ พลังงานในมูลชีวภาพที่แท้จริงแล้วมาจากแสงอาทิตย์ที่ทำให้พืชเจริญเติบโตนั่นเอง รูปแบบทางอ้อมของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์อีกรูปแบบหนึ่งซึ่งกำลังเป็นเรื่องระดับชาติในปัจจุบันก็คือ โครงการผลิตเอทานอลจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียมและโครงการไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าว นั่นเอง ทั้งสองโครงการใช้พืชเป็นเสมือนแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cells) เพื่อเก็บกักพลังงานแสงให้อยู่ในรูปแป้งคาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งสามารถเก็บได้นานขนย้ายและนำไปใช้ได้สะดวกมากกว่าการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์โดยตรง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าประสิทธิภาพของการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับปริมาณแสงที่ส่องบนพืชจะต่ำกว่าแผงโซลาร์เซลล์ทั่วไป แต่การใช้พืชดังกล่าวมีข้อได้เปรียบอื่น ๆ หลายประการ กล่าวคือ พืชเป็นอาหารและให้สารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในขณะที่แผงโซลาร์เซลล์ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นไม่สามารถทำได้

ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของการใช้พลังงานมูลชีวภาพก็คือ การลดลงของปริมาณฝนกรดและมลภาวะอากาศชนิดอื่น ๆ ซึ่งเป็นผลพวงมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล แก๊สมีเทนที่ผลิตได้จากการหมักจะไม่มีผล สารซัลเฟอร์เหมือนที่พบในถ่านหินและน้ำมัน และเมื่อถูกเผาไหม้มันจะให้คาร์บอนมอนอกไซด์และเขม่าควันดำน้อยกว่า



โดยภาพรวมนั้น การนำของเสีย/ทรัพยากรกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่จะช่วยลดปริมาณการทำลายสิ่งแวดล้อม ทั้งจากการทำเหมืองและการจัดไม้ทำลายป่า ซึ่งเป็นแหล่งของวัสดุที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหารเป็นส่วนใหญ่ ตั้งแต่กระดาษหนังสือพิมพ์จนถึงรถยนต์ นอกจากนั้นมันยังลดปริมาณการใช้ทรัพยากรต่อคนและปริมาณของเสียต่อคนที่เกิดขึ้นในพื้นที่อีกด้วย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกระบวนการจัดการของเสียและกิจกรรมของวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมค่อนข้างอยู่ในพื้นที่ (Localisation) ฉะนั้น ผลที่ได้จากการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ทรัพยากรจะถูกจำกัดอยู่ในท้องถิ่นเท่านั้น ตัวอย่าง เช่น การพัฒนาการใช้ประโยชน์ทรัพยากรในกรุงเทพมหานครอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดจะไม่มีผลใด ๆ ต่อการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา หรือแม้กระทั่งเมืองอื่น ๆ ในประเทศไทย

จากที่กล่าวไปแล้วข้างต้น สรุปได้ว่า เนื่องจากผลของงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจะอยู่ในพื้นที่ท้องถิ่น ฉะนั้น กล่าวได้ว่า ยังมีอีกหลายพื้นที่ทั่วโลกที่ต้องการให้มีการโครงการทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นในขณะเดียวกัน เนื่องจากประชากรของโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้น และผลกระทบของ มลสาร เช่น CO_2 ก็มีผลต่อโลกโดยรวม เหล่านี้จึงเป็นเหตุผลที่เราจำเป็นต้องมีการวิจัยทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น เพื่อจะลดปัญหาภาวะและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอันจะช่วยชะลอการทำลายสิ่งแวดล้อม ในขณะที่โลกต้องต่อสู้กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรต่อไป

3. สรุป

จากอดีตจนถึงปัจจุบันปริมาณมลสารในสิ่งแวดล้อมจะถูกวัดปริมาณด้วยขนาด เช่น mg/L หรือ mg/kg ตัวอย่าง อาทิ $\text{BOD} = 20 \text{ mg/L}$ เป็นต้น แต่ในอนาคตวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจะเกี่ยวข้องกับสารประกอบส่วนน้อย (Trace compounds) ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมและมีปริมาณน้อยในหน่วย อาทิ $\mu\text{g/L}$ หรือน้อยกว่า เช่น ng/L เป็นต้น ตัวอย่างของสารประกอบส่วนน้อยเหล่านี้ ได้แก่ สารอินทรีย์ย่อยสลายยากซึ่งถูกระบายออกมาจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมและส่วนใหญ่เป็นสารก่อมะเร็งนั่นเอง ในขณะเดียวกัน เครื่องมือที่ใช้ในการวัดวิเคราะห์ก็จะต้องมีความละเอียดอ่อน และมีราคาแพงอีกด้วย ตัวอย่าง เช่น เครื่องโครมาโตกราฟี เป็นต้น

ในด้านการจัดการของเสีย ซึ่งถือว่าเป็นตัวแปรสำคัญต่อการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ เราจะพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีจากการใช้พลังงานมากมาเป็นการใช้พลังงานน้อย หรือพลังงานธรรมชาติ ตัวอย่าง เช่น ในอดีตเรานิยมใช้ระบบเติมอากาศสำหรับการบำบัดน้ำเสีย แต่ในปัจจุบันและในอนาคตเรานิยมใช้ระบบบ่อปรับเสถียรที่ต้องการพลังงานน้อย อันได้แก่ ระบบบ่อปรับเสถียรหรือพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ (ถ้าไม่มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดที่ดิน) ในขณะเดียวกันการพัฒนาปรับปรุงการใช้ประโยชน์พลังงาน ทรัพยากร และของเสีย (Energy/Resource/Waste Recovery) เป็นประเด็นสำคัญในการป้องกันมลภาวะสิ่งแวดล้อม ตลอดจนช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น อันเป็นแรงกระตุ้นที่จะช่วยผลักดันให้เจ้าของโครงการดำเนินงานต่อไปได้

เราสามารถสรุปลำดับความสำคัญของขั้นตอนการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับของเสียได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. การลดของเสีย (Waste Minimization)
2. การนำกลับและการใช้ประโยชน์ของเสีย (Waste Recovery and Recycling)
3. การบำบัดของเสีย (Waste Treatment)
4. การทิ้งของเสียขั้นสุดท้าย (Final Waste Disposal)

จาก 4 ลำดับข้างต้น จะพบว่า ถ้าลดปริมาณของเสียจนไม่มีเลยเราก็ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ในการบำบัดและสิ่งแวดล้อมก็ไม่เสียหายอะไรทั้งสิ้น การนำกลับและการใช้ประโยชน์ของเสียจะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้สำหรับการบำบัดของเสียหรืออาจทำให้มีผลกำไรเกิดขึ้น ส่วนการบำบัดของเสียนั้นเป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารจากวัสดุที่มีพิษให้เป็นวัสดุเฉื่อยหรือไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการให้เป็นไปตามกฎหมาย โดยไม่ต้องมีผลตอบแทนใด ๆ กลับคืนมาเลย ในขณะที่ลำดับสุดท้ายจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงสำหรับจัดหาสถานที่ทิ้งและอาจถูกต่อต้านจากชุมชนใกล้เคียง นอกจากนั้นสถานที่ทิ้งของเสียไม่อาจถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกเลยเป็นเวลานานหลายปี

4. กิตติกรรมประกาศ

รองศาสตราจารย์ ดร.จงจินต์ ผลประเสริฐ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นผู้จุดประกายในการเขียนบทความนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานของวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม