



วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏนครปฐม

Journal of Engineering, RMUTT

● ปีที่ 9 ● ฉบับที่ 1 ● เดือนมกราคม - มิถุนายน 2554 www.en.rmutt.ac.th/journal ISSN 1685-5280

การสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในองค์กรผู้รับเหมาก่อสร้างไทย	1
A Survey of Usage of Information Technology in Thai Construction Contractors	
พัลลภ ทองประศรี, ถาวร อธิเวชญาณ, รัฐวุฒิ รุ่งแทนคุณ	
การศึกษาการวางแผนงานและจัดทำกำหนดการก่อสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	11
A Study of Construction Planning and Scheduling Using Software	
อนัน จันทรเสม, ถาวร อธิเวชญาณ, รัฐวุฒิ รุ่งแทนคุณ	
การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์	19
A Design of Power Converter Circuit for 1 kW Wind Turbine Generator	
วสันต์ เพชรพิมูล, กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, สันติภาพ โคตทะเล	
การวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมภายนอกที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้รับเหมาก่อสร้าง	29
ANALYSIS OF EXTERNAL FACTORS EFFECTING PERFORMANCE OF CONSTRUCTION CONTRACTORS	
มัลลิกา เนียมพงษ์, จตุพล ตั้งปกาศิต, รัฐวุฒิ รุ่งแทนคุณ	
การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างส่วนที่เหลือของกากไขมันกับวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตร	35
The study of heating value of fuel mass mixing between residue of fat dregs and agricultural wastes	
สำรวม โกศลนันท์, พิพัฒน์ ปราโมทย์, ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิม	
ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ ความมุ่งมั่นต่อองค์การและประสิทธิภาพของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้าง	41
Relationship of Needs Commitment and Performance of Personnel in Construction Industry	
จามจุรี เครือทับ, ถาวร อธิเวชญาณ, รัฐวุฒิ รุ่งแทนคุณ	
การออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ สำหรับตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร โดยประยุกต์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW	53
ADAPTIVE ALGORITHM DESIGN FOR SYMMETRICAL COMPONENT DETECTION USING LABVIEW IMPLEMENTATION	
สุรเดช อินทร์ฟุ่ม, กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, ชูวงศ์ วัฒนศักดิ์ภูบาล	
การวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค	63
Analysis of Optimal Allocation of FACTS Devices in Radial Distribution Systems by Using Particle Swarm Optimization Method	
จักรินทร์ วิเศษยา, กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์	

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่ผลงานวิชาการและวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์
2. เป็นสื่อแลกเปลี่ยนความรู้ใหม่ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ระหว่างนักวิจัยและผู้สนใจ
3. เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้คณาจารย์ และบุคลากร คณะวิศวกรรมศาสตร์ทำผลงานทางด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม
4. เป็นเอกสารรวบรวมรายงานวิจัยและบทความทางวิชาการที่น่าสนใจและมีคุณค่าทางวิศวกรรมศาสตร์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เจ้าของ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำบลคลองหก อำเภोधัญบุรี
จังหวัดปทุมธานี 12110
โทร. 0-2549-3400
โทรสาร 0-2577-5026

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

พิมพ์ออกเผยแพร่ราย 6 เดือน
ติดต่อขอรับเป็นสมาชิกได้
โดยตรงที่คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พิมพ์ที่ บริษัท เอสทีซี มีเดีย แอนด์ มาเก็ตติ้ง จำกัด
69 ซอยรัชดาภิเษก 66 ถนนรัชดาตัดใหม่
แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทร (02) 9100813-4
โทรสาร (02) 9101431

คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เป็นคณะหนึ่งที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี และปริญญาโท สาขาวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีจุดประสงค์ เพื่อผลิตวิศวกรในหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) และวิศวกรในหลักสูตรปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม) สนองความต้องการในตลาดแรงงานและพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ

ส่งเสริมงานด้านวิจัย และดำเนินงานวิจัยทางอาชีวศึกษาและเทคโนโลยี

จัดอบรมและสัมมนาวิชาการให้กับครูประจำการ และอาจารย์ผู้สอนทั้งของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และเอกชนเพื่อยกระดับความรู้ทางวิชาการให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี และแผนภูมิการบริหารงานคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์มีวัตถุประสงค์ที่จัดการเรียนการสอนเพื่อให้ นักศึกษามีความรู้พื้นฐานและวิชาชีพ และสามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์ระบบและงานด้านวิศวกรรมศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เพื่อที่จะให้สำเร็จเป็นบัณฑิตที่มีความสามารถในการประกอบวิชาชีพซึ่งสอดคล้องและตรงกับความต้องการของตลาดแรงงาน โดยบัณฑิตจะต้องมีความรับผิดชอบและซื่อสัตย์ ควบคู่กับความรู้ทางด้านวิชาการ มีจริยธรรมควบคู่กับการมีคุณธรรมประจำใจ



วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏบรียบุรี

คณะกรรมการจัดทำวารสาร
วิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏบรียบุรี

คณะกรรมการที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลบรียบุรี
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศ.(พิเศษ) อัจฉราพร	ไคละสุด
ศ.ดร.ณรงค์ฤทธิ์	สมบัติสมภพ
ศ.ดร.สุธี	อักษรภักดิ์
รศ.ดร.เต็มชัย	เหมะจันทร์
รศ.ณรงค์	บวบทอง
ผศ.ดร.สมชัย	ทรีเวโรดม
ผศ.ดร.ปฐมทัศน์	จิระเดชะ
ผศ.ดร.อังคณา	พันธ์หล่อ
ผศ.ธนะพงศ์	นพวงศ์ ณ อยุธยา
ดร.ชัชวาลย์	สุรัสวดี
ดร.วันชัย	ทรัพย์สิงห์
ดร.พิพัฒน์	ปราโมทย์
ดร.ปลั่งจิตต์	เดชธรรมรักษ์
อ.นิติพงศ์	ปานกลาง
อ.วิรัช	แสงสุริยฤทธิ์
อ.อรรณณ	ขึ้นคุ้ม
อ.ศุภเอก	ประมุขมาก
อ.ณัฐชา	เพ็ชรชัย
อ.วิศักดิ์	หมู่เจริญ
อ.ปัทมา	วิจิตรกุล

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์

เลขานุการ

นายสมชาย ตัญญูนนท์

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางปนัดดา เอี่ยมทัศน์
นางสาวพรทิพย์ พุ่มเหมือน
นายเสริมเกียรติ ฉันทเวลาสกุล
นางสาวอัญชลี สีมอ

บรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏบรียบุรี หรือ JERMUTT ได้ดำเนินงานมาจนถึงปีที่ 9 และหลังจากกองบรรณาธิการได้ทำการปรับปรุงรูปแบบ รูปแบบการตีพิมพ์ กำหนดให้บทความทุกบทความต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และรวมทั้งเปลี่ยนการนับจำนวนฉบับมาเป็น ฉบับที่ 1 และ 2 ประจำปี แทนการนับต่อเนื่อง เพื่อเป็นการเข้าสู่ฐานข้อมูล TCI บัดนี้ทางกองบรรณาธิการมีความยินดีขอเรียนให้ผู้อ่านทุกท่านทราบว่า ทางศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย ได้พิจารณาคัดเลือกวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏบรียบุรี เข้าสู่ฐานข้อมูล TCI เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และเช่นเดิมวารสารฉบับนี้ก็ยังคงนำเสนอผลงานวิจัย ของอาจารย์และนักวิจัย ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีที่น่าสนใจหลายเรื่อง อาทิเช่น การศึกษาการวางแผนงานและจัดทำกำหนดการก่อสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการความมุ่งมั่นต่อองค์การและประสิทธิภาพของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้างฯ

กองบรรณาธิการขอขอบพระคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความทุกท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่าอ่านบทความบทความเพื่อความถูกต้องทางวิชาการ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้ส่งบทความ และผู้อ่านที่จะนำไปใช้ประโยชน์ท้ายนี้หากท่านผู้สนใจมีความประสงค์จะตีพิมพ์บทความขอความกรุณาจัดเตรียมต้นฉบับ ให้เป็นไปตามรูปแบบของวารสารที่กำหนด และจัดส่งมายังกองบรรณาธิการ พร้อมแผ่น CD หรือติดต่อออนไลน์ทาง www.en.rmutt.ac.th/journal หรือใช้เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 02-549-3493 ท่านจะได้รับรายละเอียดเพิ่มเติมจนพอใจ



กองบรรณาธิการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิผู้พิจารณาบทความ

รศ.ดร.วันชัย ธีรวัณิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.เต็มชัย เหมะจันทร์	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ชิตชนก มีใจชื่อ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผศ.ดร.ทวีชัย สำราญวานิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผศ.ดร.อาทิตย์ ไสตร์โยม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
รศ.ดร.ณรงค์ อยู่ถ่อนอม	รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผศ.ดร.จงจิตร ผลประเสริฐ	คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.อังคณา พันธุ์หล่อ	วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ธีระพงษ์ ว่องรัตนไพศาล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.พนมกร ขาวทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.อิสริย์ หารราชจูญโรจน์	อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รศ.ณรงค์ บวบทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รศ.ดร.เจียรนัย เล็กอุทัย	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ผศ.ดร.นาคคุณ ศรีสนิท	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ผศ.ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
รศ.ดร.เวดิน ปิยรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ผศ.ดร.กัณวีรช พลุปรายบุญ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ดร.สาธิต พุทธิชัยยงค์	อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
รศ.ดร.ปฐมทิพย์ ดันทับทิมทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ดร.ประทีปทิพย์ ปานบำรุง	คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
รศ.ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
รศ.ดร.ก้องกิติ พุสสวัสดิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
รศ.ดร.วัชรินทร์ วิทยกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ดร.สมเจตน์ พันธ์พันธ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
รศ.ดร.วราวุธ วุฒินิธิชัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
รศ.ดร.ธัญญา นิยมมาภา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ผศ.ดร.กานต์ พนาศุภมัสสุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.วิบูลย์ ชื่นแยก	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.ยุทธชัย บรรเทงจิตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.สมิตร ส่งพิริยะกิจ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[illegible]

ดร. ประธาน วงศ์ศิริเวช

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (สวทช)

การสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในองค์กรผู้รับเหมาก่อสร้างไทย A Survey of Usage of Information Technology in Thai Construction Contractors

พัลลภ ทองประศรี¹ ถาวร ชีรเวชญาณ² และรัฐวุฒิ ฐิ์แทนคุณ³

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีความสำคัญและมีบทบาทอย่างมากในการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมก่อสร้าง เพื่อช่วยบริหารจัดการงานก่อสร้างในด้านต่างๆ ที่มีความซับซ้อนยุ่งยาก และใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องในงานก่อสร้าง หรือค้นหาแลกเปลี่ยนข้อมูล เพื่อให้เกิดความรวดเร็วมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในโครงการก่อสร้าง ผลการวิจัยสรุปได้ว่า หน่วยงานก่อสร้างส่วนใหญ่มีการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการเขียนแบบ การจัดทำแบบหน้างาน และการส่งผ่านแบบก่อสร้างในรูปแบบของไฟล์ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่มีการใช้ซอฟต์แวร์ประเภทสเปรดชีตในการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้าง อุปสรรคที่สำคัญในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้งาน คือ ซอฟต์แวร์มีราคาแพง และผู้รับเหมาก่อสร้างส่วนใหญ่ไม่ให้การสนับสนุนทางด้านการอบรมคอมพิวเตอร์ให้กับบุคลากร

คำสำคัญ : เทคโนโลยีสารสนเทศ, องค์กรผู้รับเหมาก่อสร้าง, โครงการก่อสร้าง

Abstract

Information technology is an important and significant role in the construction industry. It helps to manage complicated communication among construction stakeholders and makes information exchange more effectively. The purpose of this study was to explore the use of information technology in construction projects. The research concluded that the construction units mainly use the computer to make drawings and shop drawing and to transfer drawings in form of electronic data files. Most of them use spreadsheet software in construction planning and scheduling. Major obstruction of computer usage is an expensive cost of software and lack of training support from organization to personnel.

Keywords : information technology, construction contractors, construction project.

1. บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นธุรกิจที่มีการแข่งขันสูง จึงต้องพัฒนาศักยภาพและประสิทธิภาพการทำงาน เพื่อลดต้นทุน เวลา และค่าใช้จ่าย โดยเทคโนโลยีสารสนเทศกลายเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในการดำเนินงาน

ทุกด้าน ตั้งแต่ช่วงก่อนดำเนินการก่อสร้างจนถึงช่วงหลังการดำเนินการก่อสร้าง ถึงแม้จะมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในอุตสาหกรรมก่อสร้างของไทยมาเป็นระยะเวลานาน แต่ยังไม่สามารถใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

การใช้งานคอมพิวเตอร์ในโครงการก่อสร้างนั้นได้นำเอาระบบสารสนเทศมาใช้เพื่อเพิ่มคุณภาพและความรวดเร็วทางด้านการจัดการเอกสารลดความผิดพลาดของเอกสาร วางแผนงานโครงการ ช่วยในงานที่ซับซ้อนง่ายขึ้น ลดเวลาและต้นทุนในการก่อสร้าง [1] กล่าวโดยรวมการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลสำหรับการจัดการโครงการก่อสร้าง ในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการบริหารงานก่อสร้าง บุคลากรที่ใช้งานซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์วางแผนงานก่อสร้างส่วนใหญ่แล้ว จะเป็นผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ วิศวกรสนาม วิศวกรสำนักงาน และนักวางแผนงาน ซึ่งการใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในการวางแผนงานก่อสร้างจำเป็นต้องใช้ผู้มีความรู้ และมีประสบการณ์ในการวางแผนงานมากพอควร [2]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง

เทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง หมายถึง การนำเอาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องใช้สำนักงาน และอุปกรณ์โทรคมนาคมมาใช้ให้เป็นประโยชน์ เพื่ออำนวยความสะดวกและความคล่องตัวในการทำงานก่อสร้าง และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดียิ่งขึ้น โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานในการทำงานสารสนเทศ และสนับสนุนการประมวลผลสารสนเทศ ประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ต่างๆ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ จอภาพ และเครื่องพิมพ์ประเภทต่างๆ เป็นต้น และซอฟต์แวร์ประกอบไปด้วยซอฟต์แวร์เพื่อการเขียนแบบ และซอฟต์แวร์วางแผนการจัดทำกำหนดการก่อสร้าง

2.2 ซอฟต์แวร์เพื่อการเขียนแบบ

เป็นซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ด้วยคอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ซอฟต์แวร์ CAD โดยใช้ในการเขียนแบบ 2 มิติเป็นหลัก ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวก และเพิ่มประสิทธิภาพในการเขียนแบบให้สูงขึ้น โดยซอฟต์แวร์ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามความต้องการของผู้ใช้ซอฟต์แวร์ เช่น

AutoCAD Architecture®, ArchiCAD®, SketchUp® และ Revit Architecture® เป็นต้น

2.3 ซอฟต์แวร์วางแผนการจัดทำกำหนดการก่อสร้าง

เป็นซอฟต์แวร์บริหารโครงการ (Project Management) เพื่อช่วยในด้านการวางแผนงานให้การดำเนินการก่อสร้างมีประสิทธิภาพ ในด้านเวลา ค่าใช้จ่ายคุณภาพของงาน และช่วยให้ผู้วางแผนงานทำงานง่ายขึ้น รวดเร็ว และนำเสนองานได้ดีขึ้น เช่น Microsoft Project®, Primavera® และ Microsoft Excel® เป็นต้น

2.4 การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศในอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศต่างๆ

จากการสำรวจการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการบริหารงานก่อสร้างในประเทศไทย โดยการสอบถามบริษัทที่มีการใช้ซอฟต์แวร์ในการวางแผนงานก่อสร้างพบว่า ประโยชน์จากการใช้โปรแกรม ได้แก่ ช่วยให้การวางแผนงานมีระบบมากขึ้น ทำให้มองเห็นภาพรวมของโครงการ ลักษณะการทำงานว่าอะไรต้องเริ่มก่อนและหลังสามารถนำงานทั้งหมดที่ได้จากรายงานมาวิเคราะห์ถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับการทำงานจริง สามารถแสดงผลได้ดีและสื่อสารเข้าใจกันได้ง่าย อ่านง่าย จัดความคิดพลาดจากคนได้ สามารถควบคุมงานให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายให้เป็นไปตามงบประมาณ ลดจำนวนบุคลากร และลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนได้ สำหรับอุปสรรคของการใช้ซอฟต์แวร์ ได้แก่ ในประเทศไทยคนไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการวางแผนงาน คนส่วนใหญ่ไม่ค่อยจะคุ้นเคยกับซอฟต์แวร์จึงทำให้ใช้งานไม่คุ้มค่า และวิศวกรรุ่นเก่าๆ ยังไม่ยอมรับเชื่อถือในตัวโปรแกรม [2]

จากการศึกษาถึงรูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยสอบถามความคิดเห็นไปยังบุคลากรในองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างของประเทศไทย พบว่า หากมีการใช้งานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ สามารถทำให้การดำเนิน

งานมีความสะดวกรวดเร็วขึ้น มีต้นทุนการดำเนินงานที่ต่ำลง และได้ประโยชน์ในแง่ของคุณภาพของงานที่อาจดีกว่าหรือใกล้เคียงกัน แต่มีข้อจำกัดการใช้งานคือ พื้นฐานความรู้การใช้งานของบุคลากรในองค์กรมีอยู่จำกัด ค่าบริการอินเทอร์เน็ตยังอยู่ในเกณฑ์ที่สูง และความสามารถของอุปกรณ์เชื่อมโยงเครือข่ายสาธารณะยังมีข้อจำกัดทำให้การใช้งานอินเทอร์เน็ตเกิดความล่าช้าและข้อมูลเสียหาย [3]

จากการศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศในกรณีของสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และอุตสาหกรรม การก่อสร้างของประเทศแคนาดา ตั้งแต่ปลายปี ค.ศ. 1988 จนถึง ต้นปี ค.ศ. 1999 พบว่าเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์เป็นส่วนสำคัญต่อธุรกิจที่ดำเนินไปแต่ละวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมในกลุ่มสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และการก่อสร้าง พนักงานทุกคนที่ปฏิบัติงานในบริษัทส่วนใหญ่ใช้คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ มีการใช้ซอฟต์แวร์ CAD กันเป็นส่วนใหญ่ ใช้อินเทอร์เน็ต อีเมล และเวิร์ลไวด์เว็บ ในการทำงานประจำวัน กระบวนการทางธุรกิจส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นการเก็บเอกสาร การออกใบแจ้งหนี้ และการร่างเอกสารสำคัญ เกือบทั้งหมดเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ และมีแนวโน้มที่จะใช้งานอย่างต่อเนื่องมากขึ้น [4]

จากการสำรวจการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศในอุตสาหกรรมการก่อสร้างในกลุ่มประเทศ Nordic ซึ่งดำเนินการสำรวจที่ประเทศสวีเดนในปี ค.ศ. 2000 ผลการสำรวจให้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ การติดต่อสื่อสาร และการวางแผนงานด้านการใช้ไอที พบว่าพนักงานมีคอมพิวเตอร์ใช้ในที่ทำงาน 88% และมีคอมพิวเตอร์ของตัวเองใช้ในบ้าน 54% โดยซอฟต์แวร์ที่ใช้มากที่สุดคือ Word Processor Administration และอีเมล ซอฟต์แวร์เพื่อการเขียนแบบที่นิยมใช้คือ AutoCAD เอกสารที่ต้องส่งทางดิจิทัลบ่อยที่สุดคือ สรุปรายงานการประชุมและแบบก่อสร้าง ซึ่งบริษัทในประเทศสวีเดนเห็นว่าเทคโนโลยีสารสนเทศช่วยให้ควบคุมการเงินได้ดีขึ้น และค้นหาข้อมูลได้รวดเร็ว

ขึ้น แต่อุปสรรคคือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง [5]

จากการสำรวจการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศในบริษัทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการก่อสร้างที่ประเทศสิงคโปร์ในปี ค.ศ. 2003 พบว่า บุคลากรในส่วนงานก่อสร้างมีการใช้คอมพิวเตอร์ 97.6% มีการใช้ซอฟต์แวร์ CAD ในการทำงาน 84.5% ในที่ทำงานส่วนใหญ่ซอฟต์แวร์ที่ใช้ คือ อีเมล Word Processing สเปรดชีต และมีการใช้อินเทอร์เน็ตในที่ทำงาน 94% การเชื่อมต่อเป็นแบบระบบ LANs 66.7% ผลการสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศชี้ให้เห็นว่าประโยชน์คือ มีการทำงานที่เร็วขึ้น งานมีคุณภาพที่ดี และได้รับข้อมูลที่รวดเร็วสำหรับอุปสรรคของการใช้คือความต้องการที่จะยกระดับอย่างต่อเนื่อง และงบประมาณการลงทุนค่อนข้างสูง [6]

จากการสำรวจการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศในอุตสาหกรรมการก่อสร้างที่ประเทศจอร์แดนในปี ค.ศ. 2004 พบว่า บริษัทต่างๆ มีการใช้ซอฟต์แวร์ในการทำงานสูงสุดคือ โปรแกรม Microsoft Word, Microsoft Excel เว็บเบราว์เซอร์ และอีเมล การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่ใช้แบบโมเด็ม 66.7% และ 9% ที่ไม่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้าง ได้แก่โปรแกรม Primavera 31% และ Microsoft Project 13% นอกจากนี้บริษัทเกือบทั้งหมดใช้ซอฟต์แวร์ AutoCAD เพื่อการเขียนแบบ [7]

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยใช้การส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นองค์กรผู้รับเหมาก่อสร้างที่มีโครงการก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 100 โครงการ โครงการละ 1 ชุด ซึ่งผู้ที่ตอบแบบสอบถามเป็นตัวแทนของโครงการก่อสร้างที่รับรู้สถานการณ์ในโครงการได้เป็นอย่างดี สามารถให้ข้อมูลตอบแบบสอบถามได้ครบถ้วน

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจในประเด็นต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลขององค์กรผู้รับเหมาก่อสร้าง และข้อมูลของโครงการที่ทำในปัจจุบัน การใช้งานคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงในโครงการก่อสร้าง อุปสรรคและปัญหาการใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบ การใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการ

4 วารสารวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตราชภัฏบุรีรัมย์

วางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้างในโครงการประเภทกิจกรรมที่ใช้งานซอฟต์แวร์เพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้างในโครงการ ประโยชน์และอุปสรรคของการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับงานด้านต่างๆ ในโครงการก่อสร้าง การฝึกอบรมบุคลากรในการใช้คอมพิวเตอร์ขององค์กร และใช้สถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean, $\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ข้อมูลทั่วไป

จากข้อมูลบุคลากรส่วนใหญ่ที่ตอบแบบสอบถามพบว่า เป็นเพศชาย ร้อยละ 84 มีอายุต่ำกว่า 30 ปี ร้อยละ 52 วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 64 ตำแหน่งวิศวกรควบคุมงาน ร้อยละ 44 ประสบการณ์การทำงานน้อยกว่า 5 ปี ร้อยละ 50 และมีประสบการณ์การใช้คอมพิวเตอร์ 1-5 ปี ร้อยละ 38

จากข้อมูลขององค์กรผู้รับเหมาก่อสร้างที่ผู้ตอบแบบสอบถามทำงานอยู่ จำนวน 100 องค์กร พบว่าองค์กรเปิดทำการมาแล้วเป็นระยะเวลามากกว่า 15 ปี ร้อยละ 54 มีจำนวนบุคลากรมากกว่า 30 คน ร้อยละ 68 จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในองค์กรมีมากกว่า 20 เครื่อง ร้อยละ 54 องค์กรสามารถรับงานซึ่งมีมูลค่าโครงการก่อสร้างสูงสุดในวงเงินมากกว่า 50 ล้านบาท ร้อยละ 74

จากข้อมูลโครงการก่อสร้างที่ดำเนินการในปัจจุบันขององค์กรผู้รับเหมา จำนวน 100 โครงการ พบว่า เป็นโครงการก่อสร้างอาคารชุดคอนโดมิเนียม ร้อยละ 26 มูลค่าโครงการมากกว่า 50 ล้านบาท ร้อยละ 70 ส่วนใหญ่ในโครงการมีวิศวกรน้อยกว่า 5 คน ร้อยละ 52 และมีโปรแกรมเมอร์น้อยกว่า 5 คน ร้อยละ 48

4.2 การใช้งานคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบในโครงการ

จากตารางที่ 1 พบว่า โครงการก่อสร้างมีการใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการเขียนแบบ (CAD) ร้อยละ 97 ใช้ซอฟต์แวร์ AutoCAD ร้อยละ 75.3 ในโครงการมีเครื่อง

คอมพิวเตอร์ใช้ทุกโครงการและมีจำนวน 1-5 เครื่อง ร้อยละ 43.3 ในโครงการมีเครื่องพิมพ์ ร้อยละ 97.9 และมีจำนวน 1-5 เครื่อง ร้อยละ 85.5 และร้อยละ 55.7 ในโครงการที่ไม่มีเครื่อง Plotter ในโครงการมีเครื่อง Scanner ร้อยละ 73.2 และมีจำนวน 1-5 เครื่อง ร้อยละ 69.1 ในโครงการมีการเขียนแบบ Shop Drawing ร้อยละ 93.80 จัดส่งไฟล์แบบก่อสร้างให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ร้อยละ 94.8 ใช้ไฟล์แรกเริ่มเป็นไฟล์ตั้งต้นในการดัดแปลงเขียนแบบ ร้อยละ 87.6 และมีบุคลากรที่ใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการเขียนแบบในโครงการ จำนวน 1-5 คน ร้อยละ 83.5

ตารางที่ 1 ข้อมูลการใช้งานคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงในโครงการก่อสร้าง

หัวข้อการใช้งานคอมพิวเตอร์	จำนวน	ร้อยละ
มีการใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการเขียนแบบ	97	97.00*
ใช้ซอฟต์แวร์ AutoCAD ในการเขียนแบบ	73	75.30
มีเครื่องคอมพิวเตอร์ในโครงการ	97	100.00
คอมพิวเตอร์ในโครงการ มีจำนวน 1-5 เครื่อง	42	43.30
มีเครื่อง Printer ในโครงการ	95	97.90
Printer ในโครงการ มีจำนวน 1-5 เครื่อง	83	85.50
มีเครื่อง Plotter ในโครงการ	43	44.30
ไม่มีเครื่อง Plotter ในโครงการ	54	55.70
มีเครื่อง Scanner ในโครงการ	71	73.20
Scanner ในโครงการ มีจำนวน 1-5 เครื่อง	67	69.10
มีการใช้คอมพิวเตอร์เขียนแบบ Shop Drawing	91	93.80
มีการจัดส่งไฟล์แบบก่อสร้างให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการ	92	94.80
มีการใช้ไฟล์แบบแรกเริ่มเป็นไฟล์ตั้งต้นในการดัดแปลงเขียนแบบ	85	87.60
มีบุคลากรที่ใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการเขียนแบบในโครงการ 1 – 5 คน	81	83.50

* หมายเหตุ : การคิดค่าร้อยละในหัวข้อการใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อการเขียนแบบ เทียบจากโครงการทั้งหมด 100 โครงการ ส่วนหัวข้อที่เหลือทั้งหมดเทียบร้อยละ จาก

97 โครงการ ซึ่งมีคอมพิวเตอร์ใช้งาน

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสรรคการใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบในโครงการก่อสร้างขององค์กรผู้รับเหมาให้เหตุผลที่ไม่ใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบในโครงการก่อสร้าง 3 ลำดับแรก ดังนี้ ลำดับที่ 1 คือ ไม่ทราบถึงวิธีการใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.140 ลำดับที่ 2 คือ ใช้งานการออกแบบ เขียนแบบด้วยมือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.258 และลำดับที่ 3 คือ การใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบไม่เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.546

ตารางที่ 2 อุปสรรคการใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบในโครงการก่อสร้าง

เหตุผลในการไม่ใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ไม่ทราบถึงวิธีการใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบ	2.44	1.140
2. ใช้งานการออกแบบ เขียนแบบด้วยมือ	2.44	1.258
3. การใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบไม่เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงาน	2.44	1.546
4. การใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบยากเกินไป	2.34	1.075
5. การใช้งานซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบไม่ได้ช่วยในการออกแบบ	2.06	1.052
6. ไม่รู้จักซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบ	2.00	1.005

4.3 การใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้างในโครงการ

จากตารางที่ 3 พบว่า จากโครงการก่อสร้างขององค์กรผู้รับเหมา จำนวน 100 โครงการ มีการใช้งานซอฟต์แวร์เพื่อการวางแผนจัดทำกำหนดการก่อสร้างจำนวน 86 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 86

ตารางที่ 3 การใช้งานซอฟต์แวร์เพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้างในโครงการ

การใช้งานซอฟต์แวร์	จำนวนโครงการที่ใช้ / ร้อยละ			
	ใช้	ร้อยละ	ไม่ใช้	ร้อยละ
ใช้ซอฟต์แวร์วางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้าง	86	86.00	14	14.00

จากตารางที่ 4 พบว่า โครงการก่อสร้างขององค์กรผู้รับเหมา ส่วนใหญ่มีการใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Excel เพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้างในโครงการ ร้อยละ 53.5 ใช้ Microsoft Project ร้อยละ 34.9 และใช้ Microsoft Word ร้อยละ 11.6

ตารางที่ 4 ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้างในโครงการ

ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้าง	จำนวนโครงการ	ร้อยละ
Microsoft Excel	46	53.50
Microsoft Project	30	34.90
Microsoft Word	10	11.60

6 วารสารวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตราชภัฏบุรีรัมย์

รวม	86	100.00
-----	----	--------

จากตารางที่ 5 พบว่า โครงการก่อสร้างขององค์กรผู้รับเหมา ส่วนใหญ่มีการนำข้อมูลจากซอฟต์แวร์มาใช้ในการปรับปรุงแผนงาน ร้อยละ 88.4 ใช้ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ความล่าช้าของแผนงาน ร้อยละ 83.7 มีการแลกเปลี่ยนไฟล์ข้อมูลแผนงานไปยังผู้เกี่ยวข้องเพื่อการประสานงาน ร้อยละ 81.4 และใช้ระบบการกรองข้อมูล (Filtering) เพื่อแจกจ่ายรายงานให้กับบุคลากร ร้อยละ 60.5

ตารางที่ 5 กิจกรรมการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการในโครงการก่อสร้าง

กิจกรรมที่ใช้งานซอฟต์แวร์	จำนวนโครงการ / ร้อยละ			
	ใช้	ร้อยละ	ไม่ใช้	ร้อยละ
การใช้ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ความล่าช้าของแผนงาน	72	83.70	14	16.30
นำข้อมูลจากซอฟต์แวร์มาใช้ในการปรับปรุงแผนงาน	76	88.40	10	11.60
ใช้ระบบการกรองข้อมูล (Filtering) เพื่อแจกจ่ายรายงานให้กับบุคลากร	52	60.50	34	39.50
มีการแลกเปลี่ยนไฟล์ข้อมูลแผนงานไปยังผู้เกี่ยวข้องเพื่อการประสานงาน	70	81.40	16	18.60

จากตารางที่ 6 พบว่า โครงการก่อสร้างขององค์กรผู้รับเหมา ส่วนใหญ่มีการใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Excel เป็นหลัก ในการวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้าง เช่น ใช้ควบคุมการเงินและควบคุมเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรของโครงการ ร้อยละ 72.1 ส่วน Microsoft Project ถึงจะมีการใช้งานน้อยกว่า Microsoft Excel แต่จะใช้ในส่วน

ของการวางแผนงานก่อสร้างหลักของโครงการ ร้อยละ 60.5 และจัดทำการวางแผนสายงานวิกฤต ร้อยละ 44.2 ตารางที่ 6 การใช้ซอฟต์แวร์ทำกิจกรรมวางแผนและจัดทำกำหนดการในโครงการก่อสร้าง

การใช้ซอฟต์แวร์วางแผนเพื่อจัดทำกิจกรรม	จำนวนโครงการ / ร้อยละ			
	ใช้	ร้อยละ	ไม่ใช้	ร้อยละ
ใช้ MS Project วางแผนงานก่อสร้างหลัก	52	60.50	34	39.50
ใช้ MS Excel วางแผนงานก่อสร้างหลัก	44	51.20	42	48.80
ใช้ MS Project จัดทำ Barchart	36	41.90	50	58.10
ใช้ MS Excel จัดทำ Barchart	54	62.80	32	37.20
ใช้ MS Project จัดทำ S-curve	30	34.90	56	65.10
ใช้ MS Excel จัดทำ S-curve	48	55.80	38	44.20
ใช้ MS Project จัดทำการวางแผนแบบสายงานวิกฤต	38	44.20	48	55.80
ใช้ MS Excel จัดทำการวางแผนแบบสายงานวิกฤต	34	39.50	52	60.50
ใช้ MS Project ปรับแผนให้ทันสมัย	38	44.20	48	55.80
ใช้ MS Excel ปรับแผนให้ทันสมัย	50	58.10	36	41.90
ใช้ MS Project แสดงรายงานความก้าวหน้า	36	41.90	50	58.10
ใช้ MS Excel แสดงรายงานความก้าวหน้า	56	65.10	30	34.90
ใช้ MS Project ควบคุมการเงินของโครงการ	18	19.00	68	81.00
ใช้ MS Excel ควบคุมการเงินของโครงการ	62	72.10	24	27.90
ใช้ MS Project ควบคุมเกี่ยวกับเวลาการทำงานโครงการ	34	39.50	52	60.50
ใช้ MS Excel ควบคุมเกี่ยวกับเวลาการทำงานโครงการ	56	65.10	30	34.90
ใช้ MS Project ควบคุมเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรของโครงการ	24	27.90	62	72.10
ใช้ MS Excel ควบคุมเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรของโครงการ	62	72.10	24	27.90

4.4 การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับงานด้านต่างๆ ในโครงการก่อสร้าง

จากตารางที่ 7 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับงานด้านต่างๆ ในโครงการก่อสร้างขององค์กรผู้รับเหมาให้ความสำคัญต่อประโยชน์ของการใช้คอมพิวเตอร์ในโครงการก่อสร้าง 3 ลำดับแรก ดังนี้ ลำดับที่ 1 คือ การทำบัญชี (Bookkeeping) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.577 ลำดับที่ 2 คือ คิดค่าใช้จ่ายและงบประมาณ (Costing and budgeting) และค้นหาข้อมูลในอินเทอร์เน็ตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.669 และลำดับที่ 3 คือ เขียนแบบแก้ไข (Shop Drawing) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.697

ตารางที่ 7 การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับงานด้านต่างๆ ในโครงการก่อสร้าง

ประโยชน์ของการใช้คอมพิวเตอร์ในโครงการ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. การทำบัญชี (Bookkeeping)	4.52	0.577
2. คิดค่าใช้จ่ายและงบประมาณ(Costing and budgeting)	4.42	0.669
2. ค้นหาข้อมูลใน Internet	4.42	0.669
3. เขียนแบบแก้ไข (Shop Drawing)	4.28	0.697
4. รับ-ส่งEmail ในการติดต่อประสานงาน	4.26	0.691
5. จัดทำ-จัดเก็บเอกสารงานก่อสร้าง	4.24	0.653
6. จัดซื้อวัสดุ (Purchasing)	4.20	0.788
7. จัดทำตารางงาน (Scheduling)	4.20	0.853
8. จัดทำงบประมาณราคา (Bill of quantities)	4.18	0.716
9. การจัดส่งไฟล์แบบก่อสร้างระหว่างองค์กร	4.16	0.753
10. ทำรายงานการประชุม	4.10	0.759
10. การจัดส่งไฟล์แบบก่อสร้างภายในองค์กร	4.10	0.759

11. จำนวนงานด้านเทคนิค	4.08	0.872
12. ควบคุมวัสดุ (Materials control)	4.06	0.763

4.5 ปัญหาของการใช้งานคอมพิวเตอร์ในโครงการก่อสร้าง

จากตารางที่ 8 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุปสรรคการใช้งานคอมพิวเตอร์ในโครงการก่อสร้างขององค์กรผู้รับเหมา ให้ความสำคัญต่ออุปสรรคในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานในโครงการก่อสร้าง 3 ลำดับแรก ดังนี้ ลำดับที่ 1 คือซอฟต์แวร์มีราคาแพง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.989 ลำดับที่ 2 คือคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาเร็วเกินไป มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.882 และลำดับที่ 3 คือ คอมพิวเตอร์ชำรุดเร็ว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.22 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.836

ตารางที่ 8 อุปสรรคของการใช้งานคอมพิวเตอร์ในโครงการก่อสร้าง

อุปสรรคในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้งาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ซอฟต์แวร์มีราคาแพง	3.90	0.989
2. คอมพิวเตอร์มีการพัฒนาเร็วเกินไป	3.30	0.882
3. คอมพิวเตอร์ชำรุดเร็ว	3.22	0.836
4. เครื่องคอมพิวเตอร์มีราคาแพง	3.12	0.795
5. บุคลากรไม่มีความสามารถในการใช้คอมพิวเตอร์	2.78	0.905
6. เสียเวลาในการเรียนรู้ซอฟต์แวร์และทำงานด้วยมือเร็วกว่า	2.74	0.774

จากตารางที่ 9 พบว่า องค์กรผู้รับเหมาก่อสร้างให้ศึกษาความรู้ในการใช้คอมพิวเตอร์ด้วยตนเอง หรือให้พนักงานสอนกันเอง ร้อยละ 64 ส่งบุคลากรไปรับการอบรมการใช้คอมพิวเตอร์ตามสถาบันต่างๆ ร้อยละ 32

8 วารสารวิศวกรรมศาสตรราชบัณฑิตยบุรี

และจ้างอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญภายนอกมาฝึกอบรม
ร้อยละ 22

ตารางที่ 9 การฝึกอบรมบุคลากรในการใช้คอมพิวเตอร์
ขององค์กรผู้รับเหมาก่อสร้าง

การฝึกอบรมในการใช้คอมพิวเตอร์	จำนวนโครงการ / ร้อยละ			
	ใช้	ร้อยละ	ไม่ใช้	ร้อยละ
ส่งบุคลากรไปรับการอบรมการใช้ คอมพิวเตอร์ตามสถาบันต่างๆ	32	32.00	68	68.00
จ้างอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญนอก มาฝึกอบรม	22	22.00	78	78.00
ให้ศึกษาด้วยตนเอง หรือให้พนักงาน สอนกันเอง	64	64.00	36	36.00

5. สรุปผลการวิจัย

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในโครงการส่วนใหญ่
มีการใช้งานคอมพิวเตอร์เพื่อเขียนแบบ (CAD) ใน
สำนักงานสนาม และใช้ซอฟต์แวร์ AutoCAD มากที่สุด
เพราะปัจจุบันเจ้าของโครงการก่อสร้างมักต้องการให้งาน
เขียนแบบรูปการก่อสร้างแล้วเสร็จรวดเร็วกว่าเดิม
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดค่าใช้จ่ายใน
การทำงาน ดังนั้นซอฟต์แวร์ประเภทเขียนแบบ (CAD)
จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำงานที่มีมูลค่าโครงการสูง
ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rivard, H.(2000) [4] ซึ่ง
ได้ทำการศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศใน
กรณีของงานสถาปัตยกรรม วิศวกรรม และอุตสาหกรรม
การก่อสร้างของประเทศแคนาดา ที่พบว่าเทคโนโลยี
สารสนเทศและคอมพิวเตอร์เป็นส่วนสำคัญต่อธุรกิจที่
ดำเนินไปแต่ละวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมใน
กลุ่มสถาปัตยกรรม วิศวกรรมและการก่อสร้าง มีการใช้
ซอฟต์แวร์ CAD กันเป็นส่วนใหญ่ และสอดคล้องกับ
งานวิจัยของ Goh, B. H. (2005) [6] ในประเทศสิงคโปร์
และ Mohammad S., El-Mashaleh. (2006) [7] ใน
ประเทศอียิปต์ซึ่งบริษัทในอุตสาหกรรมก่อสร้างมีการ

ใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการเขียนแบบ(CAD) มากขึ้น โดย
ซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ AutoCAD

โครงการก่อสร้างส่วนใหญ่มีการใช้งานซอฟต์แวร์
ประเภทวางแผนและจัดทำกำหนดการในสำนักงานสนาม
เพื่อช่วยในด้านการวางแผนงาน และปรับปรุงแผนงาน
เพื่อให้การดำเนินการก่อสร้างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้าน
เวลา ค่าใช้จ่าย คุณภาพของงาน และช่วยให้ผู้วางแผนงาน
ทำงานง่ายขึ้น รวดเร็ว นำเสนองานได้ดีขึ้น สอดคล้องกับ
ผลการวิจัย ของวิศณุและธนิต (2540) [2] ซึ่งได้ทำการ
สำรวจการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการบริหารงาน
ก่อสร้าง โดยการสอบถามบริษัทที่มีการใช้ซอฟต์แวร์
ในการวางแผนงานก่อสร้าง พบว่า ประโยชน์จากการใช้
ซอฟต์แวร์ในการวางแผนงานคือช่วยให้การวางแผนงาน
มีระบบมากขึ้น ทำให้มองเห็นภาพรวมของโครงการ
สื่อสารเข้าใจกันได้ง่าย อ่านง่าย ชัดความผิดพลาดจาก
คนได้ สามารถควบคุมงานให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้
ควบคุมค่าใช้จ่ายให้เป็นไปตามงบประมาณ ลดจำนวน
บุคลากร และลดการทำงานที่ซ้ำซ้อนได้

จากการสำรวจการใช้ซอฟต์แวร์วางแผนและจัดทำ
กำหนดการในโครงการก่อสร้าง ส่วนใหญ่ใช้ซอฟต์แวร์
ประเภทสเปรดชีต เป็นหลัก โดยส่วนใหญ่ใช้ควบคุม
การเงินโครงการ ส่วนการวางแผนงานก่อสร้างหลักใน
โครงการจะใช้โปรแกรม Microsoft Project ทั้งนี้การ
ควบคุมการเงินของโครงการใช้งานซอฟต์แวร์ประเภท
สเปรดชีตมากกว่า เนื่องจากโปรแกรม Microsoft Project
ยังมีความสามารถที่จำกัด จึงต้องส่งต่อข้อมูลไปยัง
ซอฟต์แวร์ประเภทสเปรดชีต เพื่อคำนวณการเงินของ
โครงการ แต่อย่างไรก็ดีซอฟต์แวร์ประเภทสเปรดชีตยัง
ไม่ใช่ซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นมาสำหรับวางแผนและจัดทำ
กำหนดการก่อสร้าง

ปัญหาที่สำคัญสำหรับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
ในอุตสาหกรรมก่อสร้างขององค์กรผู้รับเหมาก่อสร้าง
ลำดับที่หนึ่ง คือ ซอฟต์แวร์มีราคาแพง ซึ่งรัฐบาลควรมี
การสนับสนุนช่วยเหลือโดยการลดภาษี หรือสนับสนุน

การใช้ซอฟต์แวร์ของคนไทย ลำดับที่สอง องค์กรไม่ค่อยสนับสนุนให้บุคลากรอบรมคอมพิวเตอร์มากเท่าที่ควร ควรมีการส่งเสริมในประเด็นนี้ให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Alejandro C. (1993). **Project Information Systems – Another Approach**, Journal of Management in Engineering, Vol.9, No.1, pp.52-63
- [2] ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล และ ดร.ธนิต ชงทอง, 2540. การสำรวจการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการบริหารงานก่อสร้าง. โครงการวิจัยเลขที่ 143-GER-2539. สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] ดร.ธนิต ชงทอง และ 2540. **Information Technology ในอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยใช้อินเทอร์เน็ต**. โครงการวิจัยเลขที่ 142-GER-2539. สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] Rivard H. (2000). **A survey on the impact of information technology on the Canadian architecture, engineering and construction industry**, Electronic Journal of Information Technology in Construction, Vol.5 <http://itcon.org/2000/3/>.
- [5] Samuelson O. (2002). **IT-Barometer 2000 – The use of IT in the Nordic construction industry**, Electronic Journal of Information Technology in Construction, <http://www.itcon.org/2002/1/>.
- [6] Goh Bee Hua (2005). **IT-Barometer 2003 : survey of the Singapore construction industry and a comparison of Result**, Electronic Journal of Information Technology in Construction, <http://www.itcon.org/2005/1/>.
- [7] El-Mashaleh M. (2007). **Benchmarking information technology utilization in the construction industry in Jordan**, Electronic Journal of Information Technology in Construction, <http://www.itcon.org/2007/19/>.

การศึกษาการวางแผนงานและจัดทำกำหนดการก่อสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

A Study of Construction Planning and Scheduling Using Software

อนน จันทรเสม¹, ถาวร ชีรเวชญาณ² และรัฐวุฒิ ฐิแทนคุณ³

บทคัดย่อ

การวางแผนงานและการจัดทำกำหนดการก่อสร้างให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการก่อสร้างแต่ละโครงการนั้น ผู้วางแผนควรต้องกำหนดแผนการก่อสร้างให้สอดคล้องกับจำนวนทรัพยากรที่มี ลำดับงานที่ปฏิบัติให้ตรงกับรูปแบบและรายการตามสัญญาจ้าง ในปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถช่วยให้งานดังกล่าวรวดเร็วขึ้นได้ บทความนี้นำเสนอการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในโครงการก่อสร้างกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้รวบรวมปัญหาและอุปสรรคสำคัญที่พบในการใช้งานจริง ประกอบกับความคิดเห็นที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ ผู้ใช้งานโปรแกรมอีก 2 ท่าน ผลที่ได้รับปรากฏว่าปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญ คือ การปรับตั้งวันในปฏิทิน การกำหนดงานย่อยในหมวดงานหลัก การป้อนมูลค่างาน การนำเสนอแผนงานเปรียบเทียบแผนในลักษณะ S-Curve และการเชื่อมโยงข้อมูลกับโปรแกรมประเภทตารางคำนวณ

คำสำคัญ : การวางแผน การจัดทำกำหนดการ โครงการก่อสร้าง คอมพิวเตอร์

Abstract

To achieve construction planning and scheduling goal for every construction project, scheduler should do planning according to available resources and work sequences with contract arrangement. Nowadays, computer software is used to assist the work to be faster. This paper presents using of scheduling software in a demonstrated construction project. Researcher collected data of problems and obstacles form the real software use. The data collection was combined with opinion from two practical construction schedulers using in depth interview. The result revealed that important problems of software using were calendar setting, subtask setting, cost inputting, s-curve progress comparison, and data linkage with spreadsheet software.

Keywords : Planning, Scheduling, Construction Project, Computer

1. บทนำ

การบริหารงานก่อสร้างให้ประสบความสำเร็จ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ผู้บริหารโครงการที่มีความรู้ ความชำนาญ เนื่องจากโครงการก่อสร้างมีข้อจำกัดด้าน ระยะเวลาดำเนินงาน งบประมาณที่จะใช้ และคุณภาพของผลงานที่ต้องการ[1] ในการดำเนินการก่อสร้างผู้ที่

เกี่ยวข้องแต่ละฝ่าย ตั้งแต่เจ้าของงาน ผู้ออกแบบ ผู้รับจ้าง และผู้ควบคุมงานควรมีความเข้าใจที่ตรงกัน เพื่อให้การดำเนินโครงการประสบความสำเร็จ ไม่ว่าจะเป็นก่อสร้าง จะมีหลายประเภทก็ตาม ดังนั้นผู้ร่วมโครงการต้องมีความรู้ที่ตรงกัน คือ “ความสำเร็จของโครงการ”

¹นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

การวางแผนและการจัดทำกำหนดการก่อสร้างให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของโครงการ มีปัจจัยหลักอยู่ 3 ประการ คือ 1) ได้คุณภาพที่กำหนด 2) ต้นเวลาที่ต้องการใช้ 3) มีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นภายใต้งบประมาณที่จัดเตรียมไว้จากแผนงานก่อสร้างที่กำหนดขึ้นทำให้การปฏิบัติงานตรงตามวัตถุประสงค์ และเมื่อปฏิบัติงานแล้วพบปัญหาอุปสรรค ก็สามารถแก้ไขได้ หรือหาแนวทางแก้ไขให้เป็นไปตามสถานการณ์ ตามความสำคัญของแต่ละกิจกรรม

การวางแผนและการจัดทำกำหนดการก่อสร้างในปัจจุบันสามารถทำให้รวดเร็วได้ด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งในปัจจุบันมีมากมายหลายโปรแกรม อย่างไรก็ตามโปรแกรมการวางแผน การทำกำหนดการ ยังมีข้อจำกัดพอสมควร ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาทดลองใช้โปรแกรมในทางปฏิบัติ เพื่อรวบรวมปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางแก้ไข นอกจากนี้ยังได้เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานจริงเพื่อได้รับปัญหาเพิ่มเติม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบริหารโครงการ

หมายถึง การจัดการกิจกรรมที่มีระบบ เพื่อการปฏิบัติหน้าที่ให้บรรลุถึงเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการเตรียมการและวางแผนไว้ล่วงหน้าแล้ว เป็นการจัดการเพื่อให้ผลลัพธ์ในเรื่องๆหนึ่ง ในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง [2] โดยจะพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้ 1) มีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน 2) มีระยะเวลากำหนดชัดเจน 3) มีการจัดตั้งงบประมาณ 4) มีวงจรการดำเนินการ 5) ลำดับขั้นตอนในการบริหารโครงการ

2.1.1 การเริ่มต้นโครงการ (Project Definition)

2.1.2 การวางแผนโครงการ (Project Planning)

2.1.3 การจัดลำดับงานในโครงการ

(Project Scheduling)

2.1.4 การติดตามและควบคุมโครงการ

(Project Monitoring & Control);

2.1.5 การประเมินและจบโครงการ

(Project Evaluation & Termination)

2.2 การวางแผนและควบคุมโครงการด้วยเทคนิค PERT และ CPM

ในการบริหารงานโครงการขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ มากมายจำเป็นต้องมีการวางแผน กำหนดขั้นตอนในการทำงาน และควบคุมความก้าวหน้าของโครงการเป็นอย่างดี ในปัจจุบันเทคนิคของการบริหารโครงการที่นิยมใช้กัน ได้แก่ เทคนิค PERT และ CPM [4]

เทคนิคการประเมินผลและทบทวนโครงการ (Program Evaluation and Review Technique: PERT) และระเบียบวิธีวิกฤต (Critical Path Method: CPM) เป็นเทคนิคเชิงปริมาณด้านการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network analysis) ที่ใช้กันแพร่หลายในการวางแผนและควบคุมงานที่มีลักษณะเป็นงานโครงการ (งานที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด และสามารถกระจายเป็นงานย่อยที่มีความสัมพันธ์กันได้) ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารโครงการสามารถดำเนินโครงการให้สำเร็จตามเวลาและในงบประมาณที่กำหนด

ชัยวัช [4] ได้อธิบายถึงประโยชน์และข้อจำกัดของ PERT และ CPM การปรับปรุงการบริหารโครงการใหม่โดยใช้เทคนิคของ PERT และ CPM แม้ว่าทั้ง 2 วิธีนี้จะพัฒนามาจากคนละหน่วยงาน แต่ก็ เป็นวิธีการที่มีวัตถุประสงค์เหมือนกันคือการดำเนินโครงการให้เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด แต่มีข้อแตกต่างกันอยู่คือการใช้อัตราข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์คือ CPM จะใช้ข้อมูลที่เป็นข้อมูลที่แน่นอน (Deterministic) แต่ PERT จะใช้ข้อมูลที่เป็นข้อมูลที่ประเมินมาจากความเป็นไปได้ (Probabilistic)

2.2.1 ประโยชน์ของ PERT และ CPM

1. สามารถคาดคะเนถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับการปฏิบัติงานแล้วหาทางแก้ไขปัญหาไว้ล่วงหน้า และมีเวลารวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนแล้วบันทึกไว้ในรูปของโครงข่าย

2. บันทึกข้อมูลไว้ในรูปของโครงข่ายโดยไม่ต้องจดจำ

3. ทำให้ทราบจำนวนและชนิดของทรัพยากรต่างๆ ที่ต้องการใช้ตามระยะเวลาโครงการ

4. มีระบบควบคุมและติดตามผลอย่างมีประสิทธิภาพ ทุกครั้งที่มีการปรับปรุงแก้ไข

5. ทำให้ทราบสายงานวิกฤตของโครงข่ายโครงการใหญ่ๆ ที่มีจำนวนงานย่อยมาก

6. สามารถทราบสถิติของงานแต่ละงานเกี่ยวกับจำนวนทรัพยากรต่างๆ เมื่อโครงการเสร็จสิ้นแล้ว

2.2.2 ข้อจำกัดของ CPM และ PERT

1. เนื่องจาก CPM และ PERT ต้องอาศัยโครงข่ายในการวางแผนโครงการ ซึ่งการเขียนโครงข่ายให้ถูกต้องนั้นเป็นเรื่องซับซ้อนและใช้เวลามาก

2. การประมาณเวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นเป็นเรื่องยุ่งยาก โดยเฉพาะกับวิธีการ PERT

3. ในขั้นตอนของการกำหนดเวลาในโครงการจะพบว่างานที่ไม่ใช่งานวิกฤตอาจจะกลายเป็นงานวิกฤตจากการดำเนินการของโครงการได้

4. ในการวิเคราะห์โครงข่ายของการปฏิบัติงานจะสมมุติว่าทรัพยากรมีอยู่ตลอดเวลา แต่ในทางปฏิบัติจำนวนทรัพยากรมักไม่สอดคล้องกับความต้องการที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา จึงทำให้โครงการประสบกับปัญหา

ปัญหาและข้อผิดพลาดในการใช้ CPM [4] สำหรับผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับการใช้งาน CPM เพราะเป็นเพียงเครื่องมือในการวางแผนกิจกรรมต่างๆ ในโครงการอย่างเหมาะสมเพื่อนำไปป้อนในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาสายงานวิกฤต และกิจกรรมที่มีเวลาคล้อยตัว ถึงแม้ว่าการคำนวณเวลาในวิธี CPM จะสามารถคำนวณได้ในกระดาษ แต่การใช้คอมพิวเตอร์จะช่วยจัดการกับการคำนวณเหล่านั้นให้เกิดความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น

ข้อควรระวังที่ 1 การให้ความสำคัญกับสายงานวิกฤต สายงานวิกฤตอาจไม่สำคัญที่สุด เพราะในโครงการยังมีกิจกรรมอื่นที่ต้องดำเนินการ

ข้อควรระวังที่ 2 การกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมไม่เหมาะสม กำหนดเวลาให้กับกิจกรรม ต้องมีความถูกต้อง เพราะเวลาในการดำเนินการจริงมากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ในแผนงาน จะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาสิ้นสุดของโครงการเลื่อนออกไป

ข้อควรระวังที่ 3 เจ้าของงานไม่ได้ให้ความสำคัญกับแผนงาน แนวคิดดังกล่าวจะมีความสำคัญต่อเมื่อเจ้าของโครงการมีความต้องการที่จะรักษากำหนดระยะเวลาให้แล้วเสร็จตามที่ตกลง

ข้อควรระวังที่ 4 การรับรายงานโดยไม่มีอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์ วิธีการทำงานของ CPM คือการป้อนข้อมูลลงในโปรแกรมเพื่ออัปเดตแผนงาน ให้ทราบถึงผลการทำงานของกิจกรรมต่างๆ ที่ดำเนินการไปแล้ว และกิจกรรมที่เชื่อมโยงกันถ้ากิจกรรมต่างๆ ที่เชื่อมโยงกันไม่ถูกต้องจะทำให้โครงการเสียเวลาในการทำ CPM

2.3 โปรแกรมบริหารโครงการ (Project Management Software)

โปรแกรมบริหารโครงการ เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นเพื่อการวางแผนและจัดทำกำหนดการ ลักษณะของโปรแกรมเหล่านี้เป็นการผสมผสานของโปรแกรมประเภทตารางคำนวณและส่วนวาด Gant Chart ที่มีความสัมพันธ์กัน โปรแกรมสามารถทำงานด้วยระบบ CPM / PERT ได้ ในการเชื่อมโยงกิจกรรมและสามารถเทียบแผนงานกับ Progress ที่เกิดขึ้นได้จริง รวมทั้งสามารถควบคุมต้นทุนและทรัพยากรโครงการได้ หากผู้ใช้ต้องการ

โปรแกรมอาจมีคุณสมบัติเพิ่มความ สามารถต่อไปนี้ เช่น การจัดการทรัพยากรให้เหมาะสม แสดงผล ความก้าวหน้างานและระยะเวลาเพื่อเตือนในกรณีกิจกรรมใดๆ อยู่ภายใต้ความเสี่ยง แสดงปฏิทินและนำหน้าการทำงาน ฯลฯ [5]

2.4 บทความที่เกี่ยวข้อง

มนตรี [6] ได้ศึกษาปัญหาการใช้งานโปรแกรมวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้างโครงการถึงคอนกรีตกลมขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร ความสูง 12 เมตร ระยะเวลาก่อสร้างจริง 90 วัน สามารถสรุปประเด็นปัญหาที่สำคัญได้ 3 ประเด็น

1. ปัญหาที่เกิดจากบุคลากรผู้ใช้งาน โปรแกรม ในการคัดเลือกทีมงาน ผู้จัดการโครงการต้องคัดเลือก บุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจในการใช้โปรแกรมและไม่ ควรเปลี่ยนแปลงระหว่างกาหนดำเนินการ

2. ปัญหาที่เกิดจากกระบวนการวางแผนงานที่ดี ไม่ควรแจกแจงรายละเอียดของกิจกรรมมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการเก็บข้อมูล และควร ให้ความสำคัญกับการกำหนดระยะเวลาให้กับกิจกรรม เหล่านั้นให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

3. ปัญหาที่เกิดจากทางด้านเทคนิคของโปรแกรม ในการบริหารโครงการโดยการนำโปรแกรมวางแผนงาน มาใช้งานอย่างจริงจัง อาจเกิดปัญหาระหว่างการใช้งาน หากผู้ใช้งานไม่มีความเชี่ยวชาญ ดังปัญหาที่เกิดขึ้นใน ระหว่างการดำเนินโครงการนี้เช่น การ Link ด้วยรูปแบบ ต่างๆ การ Save Baseline หรือการ Update Task เป็นต้น

Hegazy และ Menesi [7] ได้ศึกษาลำดับการ วางแผนงานก่อสร้างด้วยวิธี CPM และได้พบประเภท การจัดลำดับงานในงานที่มีลักษณะต่อเนื่อง ได้นำเสนอ วิธีการแบ่งส่วนเวลา (Separate time segments) ในการ จัดปัญหาการวางแผนโครงข่าย CPM ที่ซับซ้อนและ ปรับปรุงการจัดสรรทรัพยากรให้ดีขึ้น จะเห็นได้ว่า การ จัดลำดับงานยังเป็นปัญหาที่สำคัญและสร้างความสับสน ให้กับผู้วางแผนได้ ปัญหาเหล่านี้ ได้นำเสนออีกหลาย บทความ [8], [9], [10]

3. ขั้นตอนการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ส่วนคือการ ทดลองใช้โปรแกรมกับงานก่อสร้างจริงและการสัมภาษณ์ ผู้ใช้งานโปรแกรม

3.1 ขั้นตอนการวิจัยส่วนแรก

ผู้วิจัยได้ทดลองใช้โปรแกรม วางแผนงานกับ โครงการอาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ ขนาด 4 ชั้น ขนาด พื้นที่ใช้สอย 2,500 ตารางเมตร ในจังหวัดร้อยเอ็ด มูลค่า โครงการ 239,995,000 บาท โดยมีขั้นตอนการใช้งาน โปรแกรมดังต่อไปนี้

1. การกำหนดค่าเบื้องต้น เป็นการกำหนดค่า ทั่วไปของโปรแกรมโดยการใช้ค่าฟังก์ชันต่างๆ ของ โปรแกรม

2. การกำหนดงานและสร้างงานกับโครงการ เป็นขั้นตอนในการกำหนดงานทั้งหมดตามแผนงาน หลัก (Master Plan) เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้ตรงกับ ประมาณระยะเวลาการปฏิบัติงานตามสัญญาจ้างได้

3. การใส่มูลค่าของงาน (Cost) การกำหนดค่าใช้จ่ายต่างๆในการบริหารโครงการให้กับกิจกรรมที่เกิดขึ้น ตามแผนการปฏิบัติงานในโครงการ เพื่อตรวจสอบงบประมาณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามแผน

4. การสร้าง Baseline เพื่อติดตามความก้าวหน้า ของงาน เป็นการบันทึกสถานะโครงการ ณ เวลาใดเวลา หนึ่งไว้สำหรับติดตามแผนงานหลัก เปรียบเทียบแผนงาน ที่ปฏิบัติในปัจจุบัน ว่ามีความล่าช้าหรืออยู่ในสถานะปกติ ผู้วิจัยทดลองใช้ฟังก์ชันการติดตามความก้าวหน้าของ โครงการ โดยการป้อนข้อมูลในโครงการและรายงานผล เปรียบเทียบ ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบโครงการ แล้วรวบรวม ปัญหาและอุปสรรคในระหว่างการใช้งานและรวบรวม เป็นข้อสรุป

3.2 การสัมภาษณ์ผู้ใช้งานโปรแกรม

เป็นการเก็บข้อมูลโดยตรงจากผู้ปฏิบัติงานที่ใช้ งานโปรแกรม การวางแผนและจัดทำกำหนดการจริง จากหน่วยงานก่อสร้าง ที่มีประสบการณ์ ใ้การใช้งาน โปรแกรม การสัมภาษณ์เป็นคำถามแบบปลายเปิด สอบถามเกี่ยวกับปัญหาการใช้งานที่พบในการทำงานจริงจาก นั้นผู้วิจัยทำการสรุปประเด็นที่สำคัญ

4. ผลการวิจัย

ปัญหาสำคัญที่ผู้วิจัยพบจากการทดลองใช้ โปรแกรมวางแผนงานมีดังนี้

4.1 ปัญหาการป้อนข้อมูลวันปฏิบัติงาน

ปัญหาการป้อนข้อมูลเวลาปฏิบัติงานต่อวัน ไม่ ตรงกัน ปัญหาเกิดจากเวลาปฏิบัติงานของส่วนราชการ

ปฏิบัติงานวันละ 8 ชั่วโมง เวลาปฏิบัติงานของภาคเอกชนปฏิบัติงานวันละ 9 ชั่วโมง ซึ่งมีความแตกต่างกัน 1 ชั่วโมง ปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้เมื่อเปลี่ยนเวลาปฏิบัติงานเป็น 9 ชั่วโมงในภายหลังและไม่ตรงกับค่ามาตรฐานของโปรแกรม เมื่อป้อนความก้าวหน้า หรืออัปเดตแผนงาน จะทำให้โปรแกรมปรับแก้ค่าวันปฏิบัติงานโดยอัตโนมัติ จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าโปรแกรมปรับระยะเวลารวม 640 วัน จากเดิม 720 วัน ลดลงจากจำนวนวันปฏิบัติงานเดิม 80 วัน และงานย่อยระยะเวลาเป็นทศนิยม ซึ่งผิดจากความเป็นจริง ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสับสนดังแสดงในรูปที่ 1

ข้อเสนอแนะ สำหรับการดำเนินการในขั้นตอนแรก ควรตั้งค่าปฏิทินการปฏิบัติงานให้ตรงกับเวลาปฏิบัติของผู้รับจ้าง เนื่องจากเป็นผู้กำหนด เวลาปฏิบัติงานโดยตรง

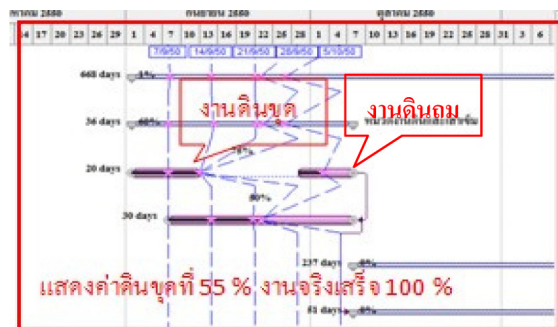
แผนงานศูนย์วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมเพื่อการศึกษาร้อยเอ็ด แก่ปฏิทิน	640 days?
หมวดเตรียมงาน	18.67 days?
งานเตรียมการ/ปรับพื้นที่	12.44 days
งานวางผังอาคาร	12.44 days?

รูปที่ 1 ความผิดพลาดเรื่องเวลาปฏิบัติงาน

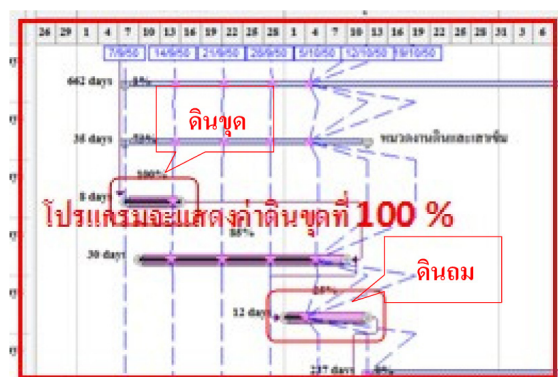
4.2 ปัญหาการกำหนดงานย่อยในหมวดงานหลัก

ปัญหานี้เกิดขึ้นจากลักษณะงานที่มีการเหลื่อมกัน เช่น งานขุดดินและถมดิน ลักษณะเมื่องานดินขุดยังไม่แล้วเสร็จ หน่วยงานจริงได้เริ่มงานถมดินไปแล้วจำนวนหนึ่ง ทำให้บางครั้งต้องมีการหยุดรอ ให้งานดินขุดเสร็จก่อน จึงดำเนินการถมดินต่อได้ ผู้ใช้โปรแกรมไม่สามารถป้อนข้อมูลได้อย่างสมจริงว่างานจำนวนนั้นดำเนินการได้ที่เปอร์เซ็นต์ ทำให้การรายงานความก้าวหน้าไม่ตรงกันกับความเป็นจริง ถึงแม้จะใช้วิธี Split Task ก็ตาม รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2

ข้อเสนอแนะหากผู้วางแผนพบงานในลักษณะนี้ ควรแยกกิจกรรมดินขุดดินถม ให้เป็น 2 กิจกรรมดังรูปที่ 3 จะทำให้ป้อนความก้าวหน้าได้อย่างไม่สับสน



รูปที่ 2 การใช้ Split Task กับงานย่อยทำให้ป้อนความก้าวหน้ายาก



รูปที่ 3 การแยกงานย่อยออกเป็น 2 งาน

4.3 ปัญหาในการติดตามแผนงบประมาณในการก่อสร้าง

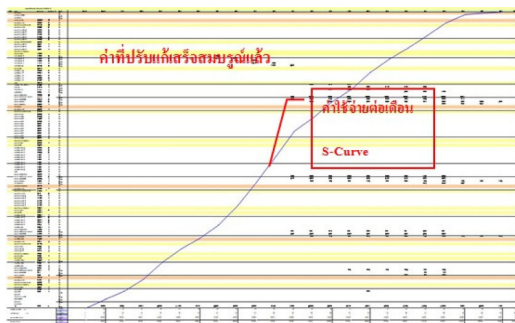
เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในกรณีศึกษา ไม่มีชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทำ S-curve ฟังก์ชันการใช้งาน ทำให้ผู้บริหารโครงการไม่สามารถสร้างแผนการใช้งบประมาณและติดตามการจัดการหางบประมาณตามแผนงานได้

แนวทางแก้ไขปัญหานี้ในกรณีนี้คำสั่งของโปรแกรมเพื่อใช้ประยุกต์ในการสร้างแผนการใช้งบประมาณได้ (S-curve) โดยการส่งข้อมูลไปยังโปรแกรมสเปรดชีต ดังรูปที่ 4

[illegible]

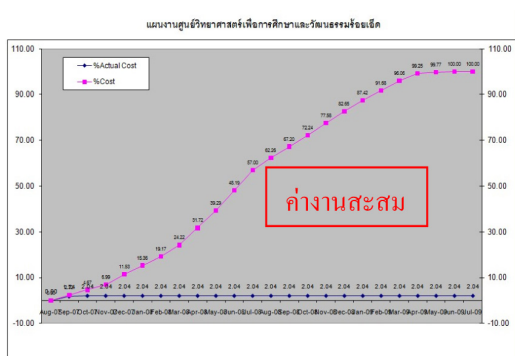
รูปที่ 4 ค่าที่ได้จากชุดคำสั่งส่งข้อมูลออกเป็น Pivot table

เมื่อได้ข้อมูลจากตารางแล้วสามารถปรับแก้ข้อมูลเพื่อให้ได้ค่าที่สามารถนำไปแปลงเป็นกราฟเส้น เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลสะสมตามแผนการปฏิบัติงานกับแผนงานที่เกิดขึ้นจริง ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่างานสะสม (s-curve) ในรูปกราฟ

จากรูปที่ 5 ทำให้ผู้บริหารสามารถตรวจสอบ การปฏิบัติงานและตรวจสอบแผนการใช้งบประมาณได้อย่าง สะดวกยิ่งขึ้น และยังสามารถดูค่างานสะสมได้จากกราฟ เส้น ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่างานสะสม (S-curve) ในรูปกราฟ

ข้อแนะว่า เนื่องจากโปรแกรมในปัจจุบันยังไม่มีฟังก์ชัน S-curve ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลไปยังสเปตริชิตจึงเป็นสิ่งที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในปัจจุบัน

5. ผลจากการสัมภาษณ์

จากการสัมภาษณ์ ผู้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟ
โปรเจก จำนวน 2 ท่าน ได้ข้อคิดเห็นที่สรุปได้ดังต่อไปนี้
ผู้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟโปรเจก จำนวน 2 ท่าน ท่าน
แรกวิศวกรวางแผนงานประจำอยู่ที่อาคาร 30 ชั้น มีหน้าที่
ที่วางแผนงานก่อสร้างโดยตรง ท่านที่ 2 วิศวกรอยู่ที่
บริษัทที่ปรึกษาแห่งหนึ่งมีความชำนาญด้านวางแผนและ
การจัดการด้วยคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 ท่าน มีประสบการณ์
ประมาณ 5 ปี

ปัญหาสำคัญที่พบจากการสัมภาษณ์ทั้ง 2 ท่าน คือ การที่ต้องส่งข้อมูลจากโปรแกรมวางแผนงานไปยังโปรแกรม สเปรดชีต ทำให้ต้องจัดรายการและรูปแบบใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับผู้วิจัย ได้อธิบายและทดลองใช้งานข้างต้น

ปัญหาที่สำคัญประเด็นที่ 2 คือการตั้งลำดับงาน (Predecessor) การเชื่อมโยงงานย่อย (Split Task) และการตั้งค่าป้อนข้อกำหนดให้กับกิจกรรม (Constrain type) มีผลทำให้การติดตามความก้าวหน้า มีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากแผนงานไม่ปรับตามวันเวลาที่กำหนด เช่น เมื่อกำหนดค่า Constrain Finish No later than แต่ในแผนงานเกิดความล่าช้า จึงมีการปรับวันปฏิบัติงานเลื่อนไปอีก 3 วัน แต่ผลลัพธ์ที่ได้ งานในกิจกรรมไม่เลื่อนตามพร้อมกับงานที่ต่อเนื่องกัน ทำให้ต้องกลับมาแก้ไขค่าที่ Constrain อีกครั้ง

ผู้วิจัยเห็นว่าปัญหาประเด็นนี้เกิดจากการที่ผู้ใช้งานยังขาดความเข้าใจในความรู้พื้นฐานของการใช้งานโปรแกรมอยู่บ้าง จึงได้กำหนด Constrain Finish No later than ไว้ ซึ่งในทางปฏิบัติใช้งานไม่ได้ เนื่องจากไม่สะท้อนความเป็นจริง

6. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่าปัญหาจากการใช้งานโปรแกรมที่สำคัญได้แก่การปรับตั้งวันในการปรับตั้งวันในปฏิทิน การกำหนดงานย่อยในหมวดงานหลัก การป้อนมูลค่างาน การนำเสนอแผนงานเปรียบเทียบแผนการสร้าง S-Curve ปัญหาจากผู้ใช้งานจริงที่สำคัญคือการนำเสนอความก้าวหน้างานในลักษณะ S-Curve ที่ต้องเชื่อมโยงโปรแกรมประเภทตารางคำนวณ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มนตรี (2553) [6] ในส่วนของด้านเทคนิคการใช้งานโปรแกรมและการเชื่อมโยงงานย่อยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hegazy, T. and Menesi, w. 2010 [7] ในส่วนของการจัดลำดับงานที่มีลักษณะต่อเนื่อง

จากการวิจัยนี้ ผู้วิจัยแนะนำ หากผู้ที่ต้องการการใช้งานโปรแกรมประเภทวางแผนและจัดทำกำหนดการก่อสร้าง ควรคำนึงถึงปัญหาที่ระบุไว้ในบทความและทำความเข้าใจการใช้โปรแกรมอย่างท่วงแท้ ปัญหาดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กวี หวังนิเวศน์กุล, 2547. การบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้าง. 359 หน้า
- [2] ศูนย์พัฒนาศักยภาพบุคลากร บมจ.กสท โทรคมนาคม, 2553. การบริหารโครงการ. <http://catadmin.cattellecom.com/training/SeminarDoc/projectmgt.pdf> (29 กันยายน 2553).
- [3] วิสูตร จิระคำแข็ง, 2550. ข้อมูลต้นทุนงานก่อสร้าง. 312 หน้า
- [4] ชัยวิช ทองอินทร์, 2551. การวิเคราะห์ข่ายงานด้วย PERT/CPM. แหล่งที่มา : <http://elearning.mfu.ac.th/mfu/1203252/page5.html> (23 สิงหาคม 2553).
- [5] Wikipedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Project_management_software
- [6] มนตรี ปัญญาจันทร์, 2553. การศึกษาอิสระ. วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย.
- [7] Hegazy, T. and Menesi, w. 2010. **Critical Path Segments Scheduling Technique Journal of Construction Engineering and Management.** ASCE
- [8] Lowsley, S., and Linnett, C. 2006. **About time: Delay analysis in construction.** RICS Business Services, U.K.
- [9] Lu, M., and Lam, H.-C. 2009. "Transform schemes applied on non-finish-to-start logical relationships in project network diagrams." J. constr. Eng. Manage., 135(9), 863-873
- [10] O'Brien, J., and Plotnick, F. 2006. **CPM in construction management.** McGraw-Hill, New York.

การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์

A Design of Power Converter Circuit for 1 kW Wind Turbine Generator

วสันต์ เพชรพินุล¹ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักติพิชญ์² และสันติภาพ โคตะทะเล³

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้า ที่มีแรงดันและความถี่ด้านออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร เปลี่ยนแปลงตามความเร็วลม ซึ่งมีการควบคุมแรงดันไฟฟ้า และความถี่ด้านออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์จะประกอบไปด้วย วงจรเรียงกระแสสามเฟส วงจรทบระดับ โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้ตัวชดเชยระบบแบบพีไอ และสร้างสัญญาณควบคุมชนิดเฉลี่ยความกว้างพัลส์ ที่ควบคุมด้วยตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล วงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์ เพื่อยกระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเท่ากับ 600 โวลต์ และแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ต ด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยผลการทดลองพบว่าระบบสามารถยกระดับแรงดันได้ตามที่ออกแบบไว้ได้ และสามารถรักษาระดับแรงดันในช่วงพิกัดคือ 380 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ต ที่แรงดันไฟฟ้าด้านออกจากกังหันลมผลิตไฟฟ้า ช่วง 58-70 โวลต์

คำสำคัญ : กังหันลมผลิตไฟฟ้า, วงจรเรียงกระแส, วงจรทบระดับ, วงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์, วงจรอินเวอร์เตอร์

Abstract

This paper presents a design of power converter circuits for wind turbine applications. According to the changing of wind speed, the output voltage and frequency of generator are varied and controlled by a power converter, composed of a three phase rectifier, a boost converter with closed loop PI controller and a Pulse width modulation (PWM) Inverter. These systems are implemented in the digital signal system by digital signal processor (DSP). The simulator and experimental results show the benefit of power converter that can control the output voltage up to 600 V with the input voltage about 58-70 V.

Keywords : Wind turbine generation, Rectifier, Boost Converter, Push - Pull converter, Inverter.

¹อาจารย์ประจำภาควิชาโปรแกรมวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

²อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ศูนย์ตาก

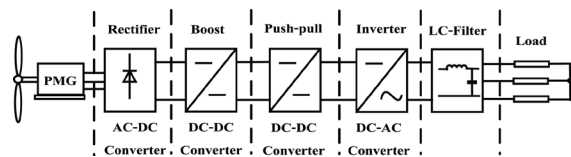
1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น และเชื้อเพลิงที่ใช้นำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าจะมาจากพลังงานธรรมชาติ เช่น แก๊ส ถ่านหิน น้ำมัน แต่พลังงานธรรมชาติที่กล่าวมานั้นวันจะลดน้อยลงจนหมดไปในอนาคต ดังนั้นพลังงานทดแทนจึงมีความสำคัญในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานที่สนใจคือพลังงานลม ซึ่งพลังงานที่ได้จากกังหันลมนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าทุกครั้งที่ความเร็วที่มาปะทะกับใบของกังหันลม เนื่องจากความเร็วลมในธรรมชาตินั้นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เปลี่ยนแปลงตามสภาวะความเร็วลม มีผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้า และความถี่ที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นมีการเปลี่ยนแปลงค่าตามความเร็วลมที่มากกระทำต่อใบพัดของกังหันลม และแรงดันที่ออกจากกังหันลมผลิตไฟฟ้า ที่ได้นั้นมีแรงดันไฟฟ้าที่ค่อนข้างต่ำถ้าจะนำไปใช้งาน ได้นั้นควรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน และความถี่ที่ใช้ในประเทศ ซึ่งมีวิธีที่ทำให้แรงดันสูงขึ้นได้หลายวิธี เช่นผ่านหม้อแปลงให้มีแรงดันที่ต้องการ และอีกวิธีคือใช้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์กำลังมาประยุกต์ใช้งานคือวงจรแปลงผันกำลังงาน หรือ วงจรคอนเวอร์เตอร์ที่สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้า และยกระดับแรงดันไฟฟ้าให้ได้ตามที่ต้องการ และแปลงแรงดันไฟฟ้าให้กลายเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน และความถี่ที่ใช้งาน

2. ระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรถูกต่อโดยตรงกับกังหันผลิตไฟฟ้าโดยเงื่อนไขทางกลอย่างง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิมหรือระบบที่มีเกียร์บ็อกซ์ที่ทำให้น้ำหนักเพิ่ม กำเนิดเสียงดังรบกวนเมื่อระบบกำลังทำงาน จำเป็นต้องบำรุงรักษา และเพิ่มค่ากำลังสูญเสีย การบำรุงรักษาระบบเกียร์บ็อกซ์มันยุ่งยากเพราะ nacelle ถูกติดตั้งตำแหน่งสูงสุดของเสา

และมีปัญหาเรื่องวัสดุที่นำมาสร้างและอายุการใช้งานของลูกปืน เงื่อนไขดังกล่าวสามารถเลยได้เมื่อนำมาใช้กับระบบที่ไม่มีเกียร์บ็อกซ์ เสียงที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดจากการเคลื่อนของเพลซึ่งสามารถทำให้ลดลงได้ และประสิทธิภาพรวมกับความน่าเชื่อถือสามารถแสดงได้โดยการลดน้ำหนักและเพิ่มการบำรุงรักษาระบบ อย่างไรก็ตามระบบกำเนิดไฟฟ้าจากกังหันลมจะควบคุมกำลังสูงสุดได้ยากเมื่อความเร็วของลมเปลี่ยนแปลงตลอด



รูปที่ 1 ระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่นำเสนอ

เมื่อพิจารณากำลัง และแรงบิดเชิงกลที่สร้างจากกังหันลม ดังแสดงในสมการที่ (1) และ (2) [1]

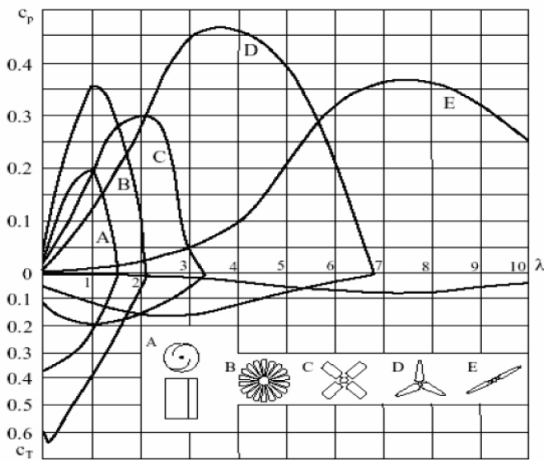
$$P_m = \frac{1}{2} C_p r \rho R^2 u^3 \quad (1)$$

$$T_m = \frac{1}{2} C_T r \rho R^3 u^2 \quad (2)$$

เมื่อ P_m , T_m คือ กำลังและแรงบิดเชิงกลที่ถูกสร้างจากกังหันลมตามลำดับ, ρ คือ ความหนาแน่นของลม (Kg/m^3), R คือ รัศมีของใบพัด (m), u คือ ความเร็วของลม และ, คือ C_p , C_T สัมประสิทธิ์ของกำลังและแรงบิดของกังหันลมตามลำดับ เมื่อความเร็วของลมเปลี่ยน ความเร็วเชิงมุมของเพล ω_m ถูกปรับเพื่อให้ได้ค่า C_p ที่เหมาะสมที่สุด นั่นหมายถึง ω_m และความเร็วลมจะหลอมรวมเพื่อให้ได้ค่าตัวแปรเดียว และสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง C_p และ ω_m ได้สำหรับตัวแปรเดียวนี้นี้ถูกเรียกว่า อัตราส่วนของความเร็วจุดปลายสุด $R\omega_m$ ต่อความเร็วลม อัตราส่วนความเร็วจุดปลายสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3)

$$\lambda = \frac{R\omega_m}{u} \quad (3)$$

เมื่อ ω_m คือ ความเร็วเชิงมุมของเพลากังหันลม (rad/sec) ความสัมพันธ์ระหว่าง C_p , C_T และ λ สำหรับแต่ละชนิดของกังหันลมแสดงได้ในรูปที่ 2 [2] จากสมการที่ (3) ค่า C_p และ C_T เป็นฟังก์ชันของ λ โดยมีความสัมพันธ์ คือ $C_T = C_p / \lambda$ จากรูปที่ 2 เราจะเลือกชนิดของกังหันที่ให้กำลังออกมาสูงสุด ดังนั้นในการจำลองการทำงานที่ความเร็วต่างกัน ความเร็วเชิงมุมควรจะถูกควบคุมให้ทำงานที่ค่า λ ใกล้เคียง 3.8 (จากกราฟ กังหันลมชนิด D ถูกเลือก) โดยการควบคุมกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือนที่จะจ่ายไปที่โหลด การควบคุมอัตราส่วนคาบเวลาของวงจรทระดับ และดัชนีการมอดูเลชันของอินเวอร์เตอร์สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าที่โหลดได้ ซึ่งอธิบายในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของระหว่าง, C_p , C_T และ λ ของกังหันลมต่างๆ

3. ส่วนประกอบของระบบ (System Components)

การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้า จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 1 ระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้ามีองค์ประกอบหลักๆ ประกอบด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร วงจรเรียงกระแสสามเฟส วงจรทระดับ วงจรพช-พูลคอนเวอร์เตอร์ และวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1. แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร

สมการทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรที่อ้างอิงแกนนิ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (4) และ (5)

$$v_{qs} = -R_s i_{qs} + \omega_m \psi_{ds} + \frac{d\psi_{qs}}{dt} \quad (4)$$

$$v_{ds} = -R_s i_{ds} - \omega_m \psi_{qs} + \frac{d\psi_{ds}}{dt} \quad (5)$$

เมื่อ v คือ แรงดันไฟฟ้าด้านออก, i คือกระแสไฟฟ้าด้านออก, ψ คือ เส้นแรงแม่เหล็กคอลลิ่ง, R คือ ความต้านทาน, ω_m คือ ความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์ ค่า d และ q คือองค์ประกอบอ้างอิงสำหรับแกนนิ่งตามลำดับ [3] และ s คือกรอบอ้างอิงสเตเตอร์ ค่าทั้งหมดจะแสดงในหน่วยต่อยูนิต (per unit) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงกับค่าต่อยูนิตสามารถหาได้ใน [5] เส้นแรงแม่เหล็กคอลลิ่งสามารถหาได้จาก

$$\psi_{qs} = (L_{qm} + L_{os}) i_{qs} \quad (6)$$

$$\psi_{ds} = (L_{dm} + L_{os}) i_{ds} + \psi_f \quad (7)$$

เมื่อ ψ_f คือ เส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร เพื่อที่จะวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่าย สภาวะชั่วคราวจะละเลย [1] ดังนั้นสมการที่ (6) และ (7) สามารถนำไปแทนลงในสมการที่ (4) และ (5) ได้ ดังนี้

$$v_{qs} = -R_s i_{qs} + \omega_m (L_{dm} + L_{os}) i_{ds} + \omega_m \psi_f \quad (8)$$

$$v_{ds} = -R_s i_{ds} - \omega_m (L_{qm} + L_{os}) i_{qs} \quad (9)$$

เมื่อ L_{qm} , L_{dm} คือค่าความเหนี่ยวนำร่วมในแกน q และ d ตามลำดับ และ L_{os} คือ ความเหนี่ยวนำรั่วไหลในสเตเตอร์ แรงบิดในช่องอากาศ T_{ag} สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_{ag} = \psi_{ds} i_{qs} - \psi_{qs} i_{ds} = \psi_f i_{qs} + (L_{dm} - L_{qm}) i_{qs} i_{ds} \quad (10)$$

กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร สามารถแสดงได้ดังนี้

$$P_s = v_{ds} i_{ds} + v_{qs} i_{qs} \quad (11)$$

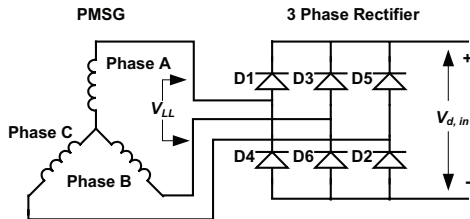
$$Q_s = v_{qs} i_{ds} - v_{ds} i_{qs} \quad (12)$$

3.2. วงจรเรียงกระแสแบบสามเฟส (Three-phase rectifier)

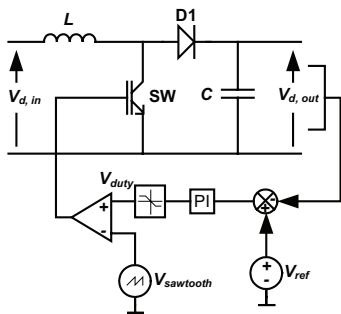
วงจรเรียงกระแสโดยใช้ไดโอดเป็นวงจรง่าย ราคากถูก และใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์กำลัง ข้อเสียของไดโอดคือไม่สามารถให้กำลังไฟฟ้าไหลได้สองทางได้ แรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสสามเฟสสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (13) โดยละเลยเงื่อนไขการเหลื่อมกัน

$$V_{d,in} = \frac{3\sqrt{2}V_{LL}}{\pi} \quad (13)$$

เมื่อ $V_{d,in}$ คือ แรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแส หรือแรงดันด้านเข้าของวงจรระดับ V_{LL} คือ แรงดันสายด้านออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 3 วงจรเรียงกระแสสำหรับระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 4 วงจรทบทระดับ

3.3. วงจรทบทระดับ (Boost Converter)

รูปที่ 4 แสดงวงจรทบทระดับแรงดันและการควบคุม ซึ่งวงจรนี้แรงดันด้านออกปกติจะมากกว่าแรงดันด้านเข้าเสมอ วงจรทบทระดับจะควบคุมแรงดันด้านออกโดยใช้การควบคุมคาบเวลาการสวิตช์เมื่อแรงดันด้านเข้าเปลี่ยนแปลง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้าและแรงดันด้านออก และกระแสของวงจรทบทระดับสามารถแสดงได้สมการดังต่อไปนี้

$$\frac{V_{d,out}}{V_{d,in}} = \frac{1}{1-D} \quad (14)$$

$$\frac{I_{d,out}}{I_{d,in}} = 1-D \quad (15)$$

เมื่อ $V_{d,out}$ คือ แรงดันด้านออกของวงจรทบทระดับ D คือ อัตราส่วนคาบเวลา $I_{d,in}$, $I_{d,out}$ คือ กระแสด้านเข้าและด้านออกของวงจรทบทระดับตามลำดับ อัตราส่วนคาบเวลาที่ต้องการสำหรับเงื่อนไขการทำงานกระแสต่อเนื่อง (Continuous Mode) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (16)

$$D = 1 - \left(\frac{V_{d,in}}{V_{d,out}} \right) \quad (16)$$

แรงดันด้านออกของวงจรทบทระดับในเทอมของแรงดันด้านเข้าและอัตราส่วนคาบเวลาแสดงได้ดังสมการที่ (17)

$$V_{d,out} = \frac{V_{d,in}}{(1-D)} \quad (17)$$

แรงดันด้านออก ในโหมดกระแสต่อเนื่องสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta V_{d,out} = \frac{I_{d,out} D}{C f_{sb}} \quad (18)$$

เมื่อ C คือ ตัวเก็บประจุของวงจรทบทระดับ f_{sb} คือ ความถี่การสวิตช์ของวงจรทบทระดับ

3.4. วงจรพุก-พูลคอนเวอร์เตอร์ [4]

วงจรพุก-พูลคอนเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 5 จะคล้ายกับกรณิวงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ที่ตัวเหนี่ยวนำทำแม่เหล็กจะไม่ใช้ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ โดยที่หม้อแปลงไฟฟ้าจะกำหนดให้เป็นแบบอุดมคติ เพื่อให้่ายต่อการวิเคราะห์ สวิตช์ S_{W1} จะนำกระแสในขณะ S_{W1} จะไม่นำกระแส

3.4.1 กรณีสวิตช์ S_{W1} นำกระแสและสวิตช์ S_{W2} ไม่นำกระแส

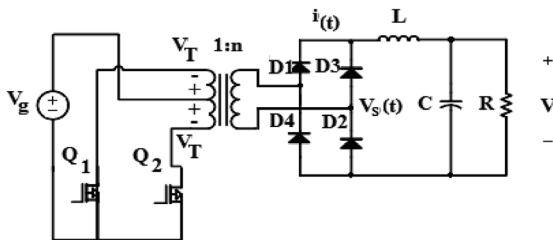
เมื่อสวิตช์ S_{W1} นำกระแสจะเป็นผลทำให้มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิ (P_1) เท่ากับ

$$V_{p1} = V_s \quad (19)$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิ (P_1) จะถ่ายเทไปยังขดลวดอีก 3 ขด ที่เหลือ ดังนี้

$$V_{S_{W2}} = 2V_s \quad (20)$$

ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรงขณะที่ไดโอด D_2 ได้รับไบอัสกลับ



รูปที่ 5 วงจรพุก-พูลคอนเวอร์เตอร์

ถ้าสมมุติให้แรงดันไฟฟ้าด้านออก V_0 และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม L_x มีค่าคงที่ ช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแสจะเป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน L_x มีค่าเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน L_x ในช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแสจะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{\Delta i_{Lx}}{\Delta t} = \frac{\Delta i_{Lx}}{DT} = \frac{V_s \left(\frac{N_s}{N_p} \right) - V_0}{L_x} \quad (21)$$

ค่าระลอกคลื่นของแรงดันก็จะสามารถหาได้คล้ายกับกรณิวงจรบักเช่นกัน จะได้

$$\frac{\Delta V_0}{V_0} = \frac{1 - 2D}{32L_x C f^2} \quad (22)$$

3.5. วงจรอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีการควบคุมการสวิตช์แบบปรับความกว้างของพัลส์ถูกค้นพบครั้งแรกตั้งแต่ปี 1964 [7] การควบคุมแบบนี้จะประมวลผลภายใต้เงื่อนไขความถี่การขับนำสวิตช์ (f_s) และอัตราส่วนความถี่ของสัญญาณคำสั่ง และอัตราส่วนแรงดันด้านเข้าและด้านออก บางครั้งเรียกว่าดัชนีการมอดูเลชัน (m_a) สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (23)

$$m_a = \frac{\hat{V}_{control}}{\hat{V}_{tri}} = \frac{\hat{V}_{LLC}}{V_{d,out}} \quad (23)$$

เมื่อ $\hat{V}_{control}$ คือ ค่ายอดของสัญญาณควบคุม $\hat{V}_{tri}$ คือ ค่ายอดของสัญญาณสามเหลี่ยม อัตราส่วนมอดูเลชันความถี่ m_f แสดงได้ดังนี้

$$m_f = \frac{f_s}{f_1} \quad (24)$$

เมื่อ f_s คือ ความถี่การสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์ f_1 คือความถี่หลักมูลการควบคุมแรงดันด้านออกจะพยายามลดส่วนของแรงดันผิดเพี้ยนจากแรงดันคำสั่ง ค่าความผิดเพี้ยนจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า m_a อยู่ในย่าน over-modulation ($m_a > 1$) ในย่านเชิงเส้น ($m_a < 1$) ส่วนประกอบความถี่หลักมูลของแรงดันด้านออกจะเปลี่ยนแปลงเป็นเชิงเส้นตาม m_a ดังแสดงในสมการที่ (25) แรงดันด้านออกที่ความถี่หลักมูลสามารถแสดงได้ดังนี้

$$V_{LLC} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}(m_a V_{d,out}) \quad (25)$$

แทนค่าสมการที่ (23) ลงในสมการที่ (25) จะได้

$$V_{LLC} = m_a \left[\frac{\sqrt{3}V_{d,in}}{2\sqrt{2}(1-D)} \right] \quad (26)$$

4. การออกแบบ

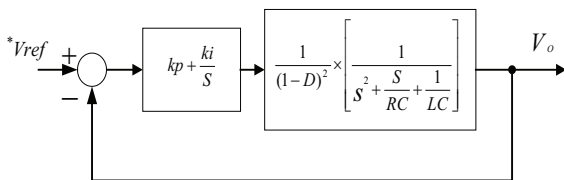
4.1. การออกแบบวงจรทบทระดับ

การออกแบบวงจรทบทระดับสำหรับระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด กำลังไฟฟ้า 1 kW พิกัดแรงดัน 48 V โดยงานวิจัยนี้กำหนดแรงดันด้านเข้า 64 V แรงดันด้านออก 100 V ที่ค่าระลอกแรงดัน 10 % ที่ความถี่สวิตช์ 10 kHz เราสามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของวงจรทบทระดับได้จากสมการที่ (23) และ (24) ตามลำดับ [5]

$$L = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (27)$$

$$C = \frac{D}{Rf_s \frac{\Delta V}{V}} \quad (28)$$

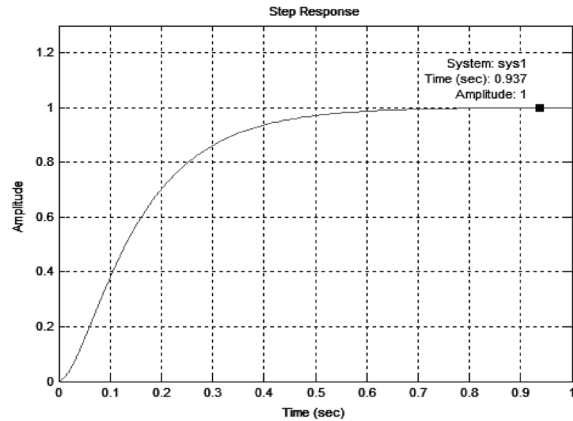
แทนค่าลงในสมการที่ (27) และ(28) จะได้ค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบคือ $L = 60 \mu F$, $C = 50 \mu F$, $D = 0.36$ โดยระบบจะควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบฟีดแบ็ค ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การออกแบบระบบควบคุมแรงดันของวงจรทบทระดับ[6]

ในการหาค่า k_p k_i โดยการออกแบบตัวควบคุมชนิดฟีดแบ็ค ด้วย Ziegler-Nichols โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์จากกราฟผลตอบสนองในโปรแกรม MATLAB/

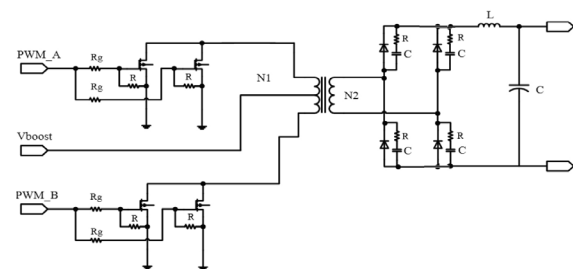
Simulink [7] จะได้ $k_p = 4.05$ และ $k_i = 0.4$ และจะ Step Response ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟ Step Response ที่ได้จากกฎของ Ziegler-Nichols

4.2. การออกแบบวงจรพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์

ในการออกแบบวงจรพุก-พุล คอนเวอร์เตอร์นี้ จะใช้ IC TL494 เป็นตัวสร้างสัญญาณ Pulse width modulation (PWM) เพื่อไปควบคุมการขับของสวิตช์ MOSFET ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เบอร์ IRFP 460 มีคุณสมบัติในการทนแรงดันได้ 500V และทนกระแสได้ 20A

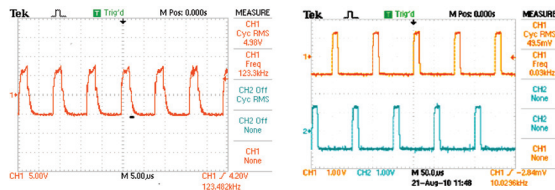


รูปที่ 8 โครงสร้าง ของวงจรพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์

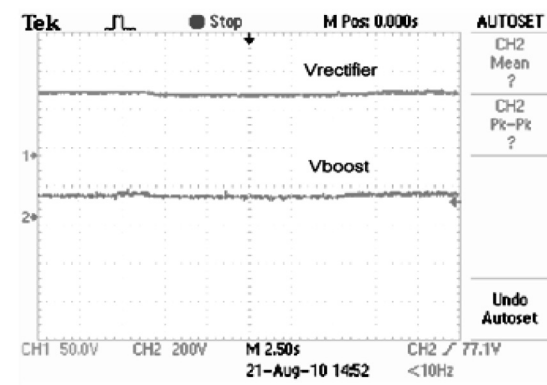
วงจรควบคุมเลือกใช้ไอซี TL494 เนื่องจากไอซีเบอร์นี้สามารถใช้ในการควบคุมวงจรพุก-พุล คอนเวอร์เตอร์และสามารถควบคุม PWM ของวงจรควบคุมโดยภายในตัวไอซีจะมีแรงดันอ้างอิง วงจรเปรียบเทียบ

5. ผลการทดสอบการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์

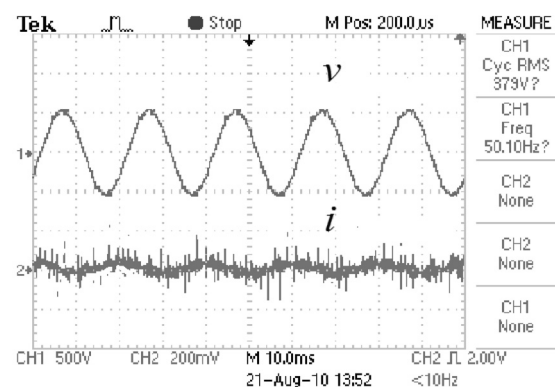
กรณีที่ 1 การทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าด้านออกจากรังหันลมผลิตไฟฟ้าที่สภาวะความเร็วลมคงที่



รูปที่ 12 สัญญาณที่ใช้ขับสวิตช์ของวงจรทบระดับและวงจรพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์



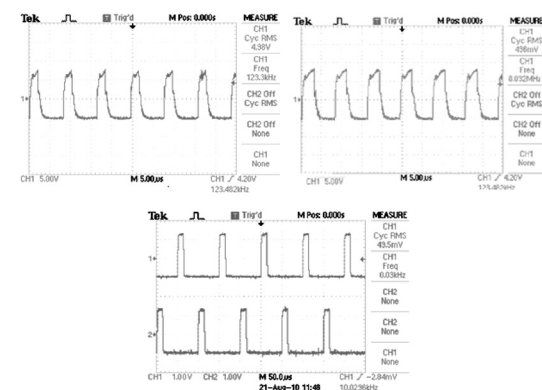
รูปที่ 13 แรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสสามเฟสและวงจรทบระดับ



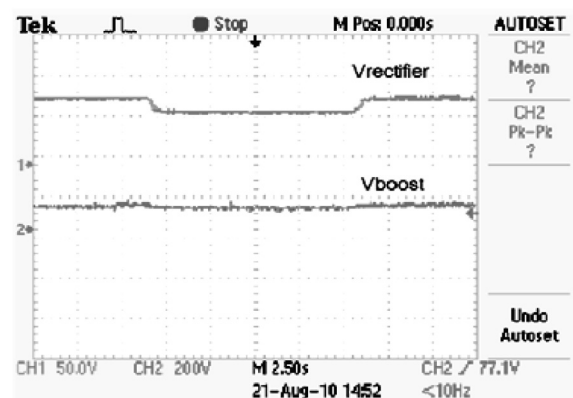
รูปที่ 14 แรงดัน และกระแสของวงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟส

จากรูปที่ 12 จะเป็นสัญญาณที่ใช้ขับสวิตช์ มอสเฟตของวงจรทบระดับ และวงจรพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์ รูปที่ 13 เป็นแรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแส และวงจรทบระดับที่แรงดันไฟฟ้าด้านออกจากรังหันลมผลิตไฟฟ้าสภาวะความเร็วลมคงที่ รูปที่ 14 แรงดัน และกระแสของวงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟส

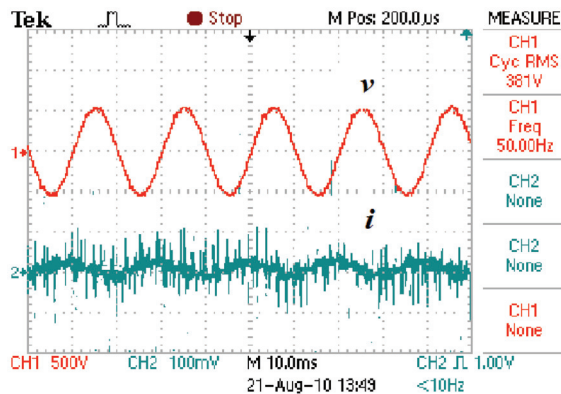
กรณีที่ 2 การทดสอบที่แรงดันไฟฟ้าด้านออกจากรังหันลมผลิตไฟฟ้าที่สภาวะความเร็วลมเกิดการเปลี่ยนแปลง



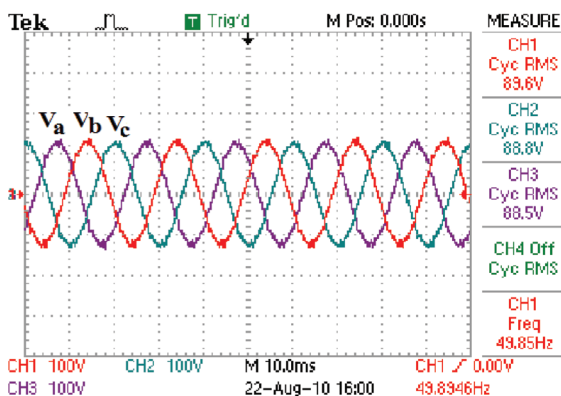
รูปที่ 15 สัญญาณที่ใช้ขับสวิตช์ของวงจรทบระดับและวงจรพุก - พุลคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 16 แรงดันด้านออกของวงจรเรียงกระแสสามเฟสและวงจรทบระดับ



รูปที่ 17 แรงดัน และกระแสของวงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟส



รูปที่ 18 แรงดันของวงจรอินเวอร์เตอร์ทั้งสามเฟส

จากรูปที่ 15 จะเป็นสัญญาณที่ใช้ขับสวิตช์มอสเฟตของวงจรทระดับ ที่สภาวะแรงดันไฟฟ้าด้านออกจากกังหันลมผลิตไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลง และ สัญญาณขับสวิตช์มอสเฟตของวงจรพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์รูปที่16 แรงดันไฟฟ้าด้านออกของวงจรเรียงกระแสสามเฟส และแรงดันไฟฟ้าด้านออกของวงจรทระดับ จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าด้านออกของวงจรเรียงกระแสสามเฟสจะเปลี่ยนแปลงตามสภาวะแรงดันไฟฟ้าด้านออกจากกังหันลมผลิตไฟฟ้า แต่แรงดันด้านออกของวงจรทระดับยังคงรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ได้ รูปที่ 17 แรงดัน และกระแสของวงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟส รูปที่ 18 แรงดันไฟฟ้าของวงจรอินเวอร์เตอร์ทั้งสามเฟส

6. สรุป

บทความนี้ทำการออกแบบ และสร้างวงจรคอนเวอร์เตอร์ที่มีการควบคุมบัสแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยทำการรับแรงดันจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร และทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรเรียงกระแสสามเฟส โดยทำการยกระดับแรงดันด้วยวงจรทระดับแรงดันโดยมีการตรวจจับแรงดันด้านออกของวงจรทระดับเพื่อส่งสัญญาณให้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลทำการประมวลผล และสร้างสัญญาณความกว้างพัลส์เพื่อไปควบคุมสวิตช์ของวงจรทระดับแรงดันให้คงที่ และใช้วงจรพุก-พุลคอนเวอร์เตอร์ ทำการยกระดับแรงดันให้สูงขึ้นเพื่อให้ได้แรงดันด้านออกของวงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟสให้ได้แรงดันที่ออกแบบไว้คือ 380 V ที่ความถี่ 50 Hz

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Johnson, G. L. Wind Energy Systems. England Cliffs: Prentic-Hall, 2001.
- [2] Fateev, E. M. Wind Motors and Wind Power Stations. Moscow, 1948.
- [3] Mohan, N.; Undeland, T. and Robbins, W. Power Electronics, Converters, Application and Design. New York: John Wiley & Sons, 2003.
- [4] สุวัฒน์ ดั้น, “เทคนิคการและออกแบบสวิตซ์ชิงเพาเวอร์ซัพพลาย” พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท เอนเทลไทยจำกัด, กรุงเทพฯ, 2537.
- [5] วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิ์เรศมฐ์, “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง” พิมพ์ครั้งที่ 2, วิ.เจ. พรินติ้ง, 2547
- [6] http://services.eng.uts.edu.au/~venkat/pe_html/Ch07s3p1.htm
- [7] MATLAB User Manual, refer to this website: www.mathwork.com.

การวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมภายนอกที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้รับเหมาก่อสร้าง

ANALYSIS OF EXTERNAL FACTORS EFFECTING
PERFORMANCE OF CONSTRUCTION CONTRACTORSมัลลิกา เนียมพงษ์¹ จตุพล ตั้งปาศิศา² และรัฐวุฒิ ฐิแทนคุณ³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงปัจจัยแวดล้อมภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้างขนาดกลางและขนาดย่อม ปัจจัยที่ศึกษามีสามด้านได้แก่ ปัจจัยด้านการเมือง ด้านเศรษฐกิจ และด้านเทคโนโลยี การสำรวจใช้แบบสอบถามโดยกลุ่มตัวอย่างคือ บุคลากรที่มีประสบการณ์ในองค์การผู้รับเหมาก่อสร้างอย่างน้อย 10 ปี จำนวน 242 คน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้างที่สำคัญคือ การใช้อุปกรณ์เครื่องจักรก่อสร้างที่ทันสมัย การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศช่วยในการบริหารงานก่อสร้าง การใช้วัสดุก่อสร้างใหม่ การใช้เทคโนโลยีระบบสำเร็จรูป ปริมาณแรงงานก่อสร้าง และ ภาวะเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม สถานการณ์ทางการเมืองโดยรวม ผู้ประกอบการสามารถนำผลวิจัยไปเป็นแนวทางในการจัดการปรับตัวกับสถานการณ์ภายนอกที่เปลี่ยนไป ปัจจัยแวดล้อมในการศึกษานี้ทั้งหมดถูกจัดออกเป็นสามกลุ่มตามระดับผลกระทบโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์คลัสเตอร์

คำสำคัญ : ผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้าง, ประสิทธิภาพการทำงาน, ปัจจัยแวดล้อมภายนอก

Abstract

This research studied external environmental factors that affect performance of construction contractors. Three categories of factors ,i.e., political factors, economical factors, and technological factors are considered. The external factors in this study were categorized into three groups according to level effects using cluster analysis technique. Questionnaire survey was adopted with 242 samples of experience personnel who have worked for construction contractor organizations at least 10 years. The result found that important factors effecting working performance of construction contractors are modern construction equipment, information technology, modern construction material, prefabricated technology, availability of construction labors, and overall political condition. The construction contractors can utilize this result in their adaptation to external changing situation.

Keywords : contractor, performance, external environment factors

¹ นิสิตปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลบุรีรัมย์

² อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลบุรีรัมย์

³ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

1. บทนำ

อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง และมีเม็ดเงินหมุนเวียนหลายแสนล้านบาทต่อปีจึงเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานของภาคการผลิตของไทย ผู้ประกอบการธุรกิจก่อสร้างควรต้องอาศัยความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจ และบริหารงาน เพื่อให้ธุรกิจประสบผลสำเร็จตามเป้าหมาย โดยปัจจัยภายนอกที่กระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานเป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการควรจะทำให้การพิจารณา

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาดังปัจจัยแวดล้อมภายนอก (External Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อองค์การผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้าง โดยใช้แนวความคิด การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก (PEST Analysis) [1] เป็นแนวทางการศึกษา ปัจจัยที่ถูกนำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ปัจจัยด้านการเมือง (Political Factors) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ (Economical Factors) และปัจจัยด้านเทคโนโลยี (Technological Factors) และได้จัดหมวดหมู่ปัจจัยโดยใช้ผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานเป็นเกณฑ์ การศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยแวดล้อมภายนอกโดยใช้แนวทาง PEST Analysis นี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยในธุรกิจอุตสาหกรรมหลายอย่าง [2], [3], [4]

2. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก

ปัจจัยภายใต้แนวความคิดการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก (External Environment Analysis) และปัจจัยย่อยในแต่ละด้านในงานวิจัยนี้มีแนวทางมาจากงานวิจัยก่อนหน้า [2], [5] สรุปโดยย่อได้ดังนี้

2.1. ปัจจัยด้านการเมือง (Political Factors)

ปัจจัยที่เกี่ยวกับการเมืองยกตัวอย่างเช่น ความมั่นคงและเสถียรภาพทางการเมือง ซึ่งเป็นสิ่งที่องค์การธุรกิจในแต่ละประเทศให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังรวมถึง กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับในด้านต่างๆ ที่รัฐบาลออกมามีบังคับใช้และมีผลต่อการดำเนินธุรกิจขององค์การ ปัจจัยด้านการเมืองและกฎหมายที่ใช้ในการศึกษานี้มี 4 ปัจจัย ได้แก่ สถานการณ์ทางการเมือง

โดยรวม เสถียรภาพของรัฐบาล นโยบายด้านการส่งเสริมการลงทุนของรัฐบาลและนโยบายด้านการเงินของรัฐบาล

2.2. ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ (Economical Factors)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบเศรษฐกิจ เช่น ผลิตภัณฑ์ประชาชาติเบื้องต้น อัตราดอกเบี้ย ต้นทุนอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ฯลฯ เป็นตัวเลขที่สำคัญจากระบบเศรษฐกิจที่มีผลต่อองค์การธุรกิจ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจในการศึกษานี้มี 9 ปัจจัย ได้แก่ ภาวะเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม ราคาน้ำมัน อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อเงินตราต่างประเทศ อัตราดอกเบี้ย อัตราเงินเฟ้อ ราคาสินค้าก่อสร้าง ราคาอุปกรณ์เครื่องจักรก่อสร้าง ราคาค่าแรงงานช่างก่อสร้างในตลาดแรงงาน และปริมาณแรงงานช่างก่อสร้างในตลาดแรงงาน

2.3. ปัจจัยด้านเทคโนโลยี (Technological Factors)

ปัจจัยด้านเทคโนโลยี ได้แก่ อัตราและลักษณะการถ่ายทอดทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้น เทคโนโลยีใหม่ที่ต้องการรับเข้ามาใช้ มีผลต่อองค์การในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน จะส่งผลต่อองค์การในด้านการทำกำไรและโอกาสที่เพิ่มขึ้น ปัจจัยด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการศึกษานี้มี 4 ปัจจัย ได้แก่ การใช้เทคโนโลยีระบบสำเร็จรูป การใช้วัสดุก่อสร้างใหม่ การใช้อุปกรณ์เครื่องจักรก่อสร้างที่ทันสมัย และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (IT) ช่วยในการก่อสร้าง

2.4. ตัวแปรประสิทธิภาพการทำงานขององค์การ

ตัวแปรในกลุ่มนี้คือตัวแปรตามที่เป็นตัวแปรเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงานขององค์การผู้รับเหมาก่อสร้างที่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกทั้งสามด้านในงานวิจัยนี้ได้วัดตัวแปรประสิทธิภาพการทำงานโดยทั่วไป 2 ประเภทได้แก่ ประสิทธิภาพด้านเวลา หมายถึง การที่ผู้รับเหมาก่อสร้างสามารถในการทำงานโครงการได้เสร็จตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ และประสิทธิภาพด้านต้นทุน ซึ่งหมายถึงการที่ผู้รับเหมาสามารถควบคุมต้นทุนของโครงการก่อสร้างให้อยู่ภายใต้งบประมาณที่วางไว้ [5]

3. ระเบียบวิธีวิจัย

กลุ่มประชากรเป้าหมายสำหรับงานวิจัยนี้ คือนุคลากรที่ทำงานอยู่ในองค์การรับเหมาก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่มีตำแหน่งหน้าที่รับผิดชอบอย่างน้อยในระดับวิศวกรโครงการ และมีประสบการณ์ในอุตสาหกรรมก่อสร้างนาน 10 ปีขึ้นไป จำนวน 242 คน กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวสามารถตอบคำถามวิจัยได้เนื่องจากอยู่ในวงการก่อสร้างเป็นเวลานานพอสมควร ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามจัดส่งโดยวิธีการ Snowball Sampling คือเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยอาศัยการแนะนำของหน่วยตัวอย่างที่ได้เก็บข้อมูลไปแล้ว โดยเป็นการสุ่มแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น คำถามส่วนแรกถามกลุ่มตัวอย่างถึงระดับปัจจัยด้านภายนอกด้านต่างๆ ที่องค์การมีอยู่ในปัจจุบัน คำถามส่วนที่สองถามเกี่ยวกับระดับตัวแปรประสิทธิภาพ จากนั้นคำนวณระดับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อประสิทธิภาพ โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) [6] วิเคราะห์ตามนัยสำคัญและจัดกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค Cluster Analysis โดยใช้ค่าสถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สันเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่ม [6]

4. ผลการวิจัย

4.1. ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เป็นเพศชายร้อยละ 83 มีอายุ 41 ปี ถึง 45 ปี ร้อยละ 33 มีระดับการศึกษาในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 80 ตำแหน่งปัจจุบันของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่คือผู้อำนวยการโครงการ ร้อยละ 39

4.2. ข้อมูลทั่วไปของบริษัทและลักษณะโครงการของบริษัท

ลักษณะงานรับเหมาก่อสร้างที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ทำงานอยู่ด้วยในปัจจุบันเป็นองค์การที่รับงานภาคเอกชนโดยส่วนใหญ่ร้อยละ 60 มีมูลค่าของโครงการที่รับผิดชอบโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับ 10 - 100 ล้านบาท ร้อยละ 38 ประเภทของงานก่อสร้างโดยส่วนใหญ่เป็นอาคารพักอาศัย ร้อยละ 38 จำนวนบุคลากรในองค์การ (ไม่รวมระดับปฏิบัติงาน เช่นคนงานก่อสร้าง) จำนวน 51 - 200 คน

ร้อยละ 55 องค์การเปิดกิจการมาเป็นระยะเวลามากกว่า 15 ปี ร้อยละ 32 จำนวนโครงการที่รับผิดชอบในขณะนี้ มีจำนวนเฉลี่ย 0 - 5 โครงการ ร้อยละ 71 และทุนจดทะเบียนขององค์การโดยประมาณน้อยกว่า 50 ล้านบาท ร้อยละ 40

4.3. ผลกระทบจากปัจจัยแวดล้อมภายนอกต่อประสิทธิภาพ

ผลกระทบระหว่างปัจจัยภายนอกต่อประสิทธิภาพขององค์การผู้รับเหมาก่อสร้างถูกแสดงในรูปแบบสถิติความสัมพันธ์ของเพียร์สันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับผลกระทบปัจจัยแวดล้อมภายนอกต่อประสิทธิภาพการทำงานขององค์การ

ปัจจัยแวดล้อมภายนอก	A	B
P1 สถานการณ์ทางการเมืองโดยรวม	0.102	0.088
P2 เสถียรภาพของรัฐบาล	0.012	0.061
P3 นโยบายด้านการส่งเสริมการลงทุนของรัฐบาล	0.060	0.043
P4 นโยบายด้านการเงินของรัฐบาล	-0.040	-0.004
E1 ภาวะเศรษฐกิจของประเทศ	0.120	0.133*
E2 ราคาน้ำมันในปัจจุบัน	0.017	0.064
E3 อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาท	-0.090	-0.021
E4 อัตราดอกเบี้ย	-0.210*	-0.119*
E5 อัตราเงินเฟ้อ	-0.125	-0.111
E6 ราคาวัสดุก่อสร้าง	-0.143*	-0.087
E7 ราคาอุปกรณ์ เครื่องจักรก่อสร้าง	-0.096	-0.056
E8 ราคาค่าแรงงานช่างก่อสร้าง	-0.019	-0.009
E9 ปริมาณแรงงานช่างก่อสร้าง	0.203*	0.199*
T1 การใช้เทคโนโลยีระบบสำเร็จรูป	0.137*	0.132*
T2 การใช้วัสดุก่อสร้างใหม่ๆ	0.180*	0.120
T3 การใช้เครื่องจักรก่อสร้างที่ทันสมัย	0.166*	0.255*
T4 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (IT)	0.203*	0.233*

A - ประสิทธิภาพการทำงานด้านเวลา, B - ประสิทธิภาพการทำงานด้านค่าใช้จ่าย, ค่าคิดลบ - มีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างตัวแปร 2 ตัว, ค่าบวก-มีความสัมพันธ์เชิงบวกของตัวแปร 2 ตัว *มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5. วิเคราะห์ผลการวิจัย

5.1. ผลกระทบจากปัจจัยด้านการเมือง

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาด้านการเมืองจะเห็นได้ว่า ปัจจัยย่อยทางการเมืองทุกปัจจัยล้วนไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานทั้งด้านเวลาและด้านต้นทุนของผู้รับเหมาก่อสร้างอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าในช่วงที่เก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้สถานการณ์ด้านการเมืองอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่ปกติก็ตาม ความสัมพันธ์ที่มีต่อประสิทธิภาพงานก็ไม่ปรากฏขึ้น

5.2. ผลกระทบจากปัจจัยด้านเศรษฐกิจ

ปัจจัยในกลุ่มเศรษฐกิจพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพด้านเวลาได้แก่ อัตราดอกเบี้ย ราคาวัสดุก่อสร้าง และปริมาณแรงงานก่อสร้างในตลาดแรงงาน ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพด้านต้นทุนได้แก่ ภาวะเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม อัตราดอกเบี้ย และปริมาณแรงงานก่อสร้างในตลาดแรงงาน ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพทั้งด้านเวลาและต้นทุนได้แก่ อัตราดอกเบี้ย และปริมาณแรงงานก่อสร้างในตลาดแรงงาน

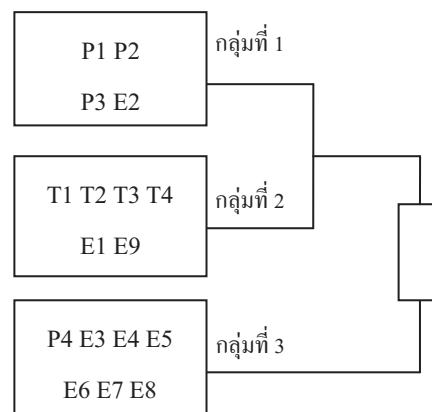
จะเห็นว่าปัจจัยที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ อัตราดอกเบี้ยและปริมาณแรงงานช่างก่อสร้าง ที่ส่งผลต่อทั้งประสิทธิภาพด้านเวลาและด้านต้นทุน แสดงให้เห็นว่าหากอัตราดอกเบี้ยไม่สูงนักและในตลาดมีแรงงานก่อสร้างเพียงพอจะเป็นผลดีต่อผู้รับเหมาในเรื่องความสะดวกในด้านเงินทุนหมุนเวียน และจะมีแรงงานฝีมือให้เลือกจ้างมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของผู้รับเหมาก่อสร้างดีขึ้นตามไปด้วย ส่วนปัจจัยภาวะเศรษฐกิจโดยรวมและราคาวัสดุก่อสร้างเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบรองลงมาค่าสหสัมพันธ์ที่พบในตารางที่ 1 ในปัจจัยกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ปรากฏในทางลบ หมายถึงหากตัวเลขเหล่านี้สูงขึ้นผู้รับเหมาจะถูกผลกระทบในทางกลับกันยกตัวอย่างเช่น หากอัตราดอกเบี้ย ราคาวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักร หรือราคาจ้างแรงงาน เพิ่มสูงขึ้น จะส่งผลในด้านลบต่อประสิทธิภาพการทำงาน

5.3. ผลกระทบจากปัจจัยด้านเทคโนโลยี

ปัจจัยด้านเทคโนโลยี เห็นได้ชัดเจนว่าเกือบทุกปัจจัยย่อยในกลุ่มนี้ล้วนส่งผลในแง่บวกต่อประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญทั้งสิ้น แสดงให้เห็นว่า ในปัจจุบันการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการก่อสร้างเป็นผลดีต่อองค์การ และ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดแล้ว สังเกตได้ว่าการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ทันสมัยเป็นปัจจัยที่สำคัญ จะช่วยให้ทำงานเสร็จรวดเร็วขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพด้านต้นทุนได้มากพอสมควร เทคโนโลยีระบบสำเร็จรูป เช่น การใช้งานคอนกรีตหล่อสำเร็จ (Precast Concrete) ต่างๆส่งผลดีเช่นเดียวกันในระดับรองลงมา ส่วนการใช้วัสดุก่อสร้างใหม่ๆ ต่อประสิทธิภาพด้านต้นทุนนั้นไม่แสดงผลนัยสำคัญ หมายถึง แม้ว่าวัสดุก่อสร้างแบบใหม่ๆ จะช่วยในด้านการก่อสร้างที่รวดเร็วขึ้นก็ตาม แต่ยังมีราคาที่ค่อนข้างสูงอยู่บ้าง ผู้รับเหมาก่อสร้างจึงควรพิจารณาอย่างรอบคอบ หากต้องการจะคัดเลือกเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้งานในเรื่องความคุ้มค่าต่อการลงทุน

5.4 การจัดกลุ่มปัจจัย

ข้อมูลความสัมพันธ์จากตารางที่ 1 ถูกนำมาใช้วิเคราะห์อีกครั้งด้วยเทคนิค Hierarchical Cluster Analysis แบบ Between Group Linkage โดยใช้ Square Euclidean Distance [6] เพื่อการจัดกลุ่มปัจจัยที่คล้ายคลึงกัน ผลถูกแสดงด้วยรูปแบบ Dendrogram ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Dendrogram ของการจัดกลุ่มปัจจัย

จะเห็นได้ว่าปัจจัยถูกแบ่งได้เป็นสามกลุ่มกลุ่มแรก คือ P1, P2, P3 และ E2 กลุ่มที่ปัจจัยมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานอยู่บ้างแต่ไม่ปรากฏนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยกลุ่มนี้ประกอบด้วย สถานการณ์ทางการเมืองโดยรวม เสถียรภาพของรัฐบาล นโยบายส่งเสริมการลงทุนของรัฐบาล และ ราคาน้ำมันในปัจจุบัน

ปัจจัยกลุ่มที่สองคือ T1, T2, T3,T4,E1 และ E9 กลุ่มปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ ประกอบด้วย ปัจจัยเทคโนโลยีทุกด้าน ภาวะเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม และ ปริมาณแรงงานช่างก่อสร้างในตลาดแรงงาน

ปัจจัยกลุ่มที่สามคือ กลุ่ม P4, E3, E4, E5, E6, E7 และ E8ปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ ประกอบด้วย นโยบายด้านการเงินของรัฐบาล อัตราแลกเปลี่ยนเงินบาท อัตราดอกเบี้ย อัตราเงินเฟ้อ ราคาวัสดุก่อสร้าง ราคาอุปกรณ์เครื่องจักรก่อสร้าง และ ราคาค่าแรงงานก่อสร้าง (P4, E3, E4, E5, E6, E7 และ E8)

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สรุปได้ว่า ปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้างที่ปรากฏก่อนข้างต้นชัดคือ การใช้อุปกรณ์เครื่องจักรก่อสร้างที่ทันสมัย การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศช่วยในการก่อสร้าง การใช้วัสดุก่อสร้างใหม่ การใช้เทคโนโลยีระบบสำเร็จรูป ปริมาณแรงงานก่อสร้าง ภาวะเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม และสถานการณ์ทางการเมืองโดยรวม ผู้ประกอบการสามารถนำผลวิจัยไปเป็นแนวทางในการจัดการปรับตัวการทำงานของแต่ละองค์กรกับสถานการณ์ภายนอกที่เปลี่ยนไป

จากความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิจัย แสดงให้เห็นถึงปัจจัยหลายประการนอกเหนือจากที่กล่าวในข้อสรุปข้างต้นน่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานแต่กลับไม่ปรากฏความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญเกิดขึ้น เป็นเพราะความสัมพันธ์โดยตรงส่งผลให้เห็นไม่เด่นชัดนักแต่ปัจจัยเหล่านั้นอาจส่งผลทางอ้อมต่อประสิทธิภาพการทำงานได้ จึงควรทำการวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูงเพื่อแยกแยะความสัมพันธ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมให้ชัดเจนมากขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Grant, R. M., 2002. Contemporary Strategy Analysis Concept, Techniques, Applications. Blackwell Publishers Ltd. Fourth Edition.
- [2] รัฐวุฒิ ฐิแทนคุณ, 2552. การพัฒนาแบบจำลองเชิงสาเหตุของปัจจัยแวดล้อมและผลกระทบต่อวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในอุตสาหกรรมก่อสร้าง. การนำเสนอบทความผลงานนักวิจัยรุ่นใหม่พบเมธีวิจัยอาวุโส สกว.
- [3] นันทวัน จันทรมาศ, 2551.การศึกษาปัญหา สภาพแวดล้อมของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม และกำหนดกลยุทธ์ บริษัท ไทยทาโลว์ แอนด์ออยล์. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.สาขาวิชาประกอบการ.
- [4] กมลวรรณ มหาไชย, 2551.การกำหนดกลยุทธ์ เพื่อการแข่งขัน บริษัท ครีမ်เมทเทรล จำกัด. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. สาขาวิชาธุรกิจจีน.
- [5] วชิรุช อยู่อำไพ, 2551. ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อธุรกิจรับเหมาก่อสร้างขนาดกลางและขนาดย่อม. วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [6] กัลยา วานิชย์บัญชา, 2544. การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างส่วนที่เหลือของกากไขมันกับวัสดุ ทิ้งเสียทางการเกษตร

The study of heating value of fuel mass mixing between residue of fat dregs and agricultural wastes

สำรวม โกศลนันท์¹ พิพัฒน์ ปราโมทย์² และณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิม³

บทคัดย่อ

ไขมันจากพืชและสัตว์มีความสามารถในการจุดติดไฟได้ น้ำมันพืชโดยทั่วไปให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 35,000 kJ/kg ไขมัน และน้ำมันจากสัตว์ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 37,000 kJ/kg ส่วนน้ำมันเตา (Burner fuel oil no.2) ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 39,000 kJ/kg จะเห็นได้ว่ากากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างไขมันพืช และสัตว์มีค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเตาเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการผสมวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตรเข้าด้วยกันอาจช่วยเพิ่มค่าพลังงานความร้อนขึ้นได้ นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยให้ไขมันจับตัวเป็นก้อนได้ด้วย ซึ่งเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของแข็งนั้น มีความสะดวกต่อการขนส่ง และการอุปโภคตามครัวเรือนมากกว่าเชื้อเพลิงเหลว งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อน จากของผสมระหว่างส่วนที่เหลือของกากไขมันภายหลังการผลิตไบโอดีเซลกับวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตร เพื่อให้ก้อนเชื้อเพลิงนี้สามารถจุดติดไฟได้อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ : กากไขมัน, แกลบ, ชี้เลื่อย, เหม้มันสำปะหลัง, ชังข้าวโพด

Abstract

Fat from vegetable and animal are able to light the fire. Generally, vegetable oil gives the value of heating energy about 35,000 kJ/kg. fat and animal oil give the value of heating energy about 37,000 kJ/kg while burner fuel oil gives 39,000 kJ/kg. This can be seen that fat dregs from grease traps in food courts mixed between vegetable and animal fat give the value of heating energy slightly lower than burner fuel oil. However, mixing of agricultural wastes may increase the heating energy value. Apart from this, these wastes also make the fat becoming solid. This research aims to study the heating energy value of fuel mass which is mixed between residue of fat dregs remained from fat dregs after producing bio-diesel with agricultural wastes in order to light the fire continuously.

Keywords : fat dregs, rice husks, saw dust, cassava roots, corn cobs

¹อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

เนื่องจากสถานะสังคมเมืองที่หลุมุนในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองหลวง ประกอบกับการจราจรที่ติดขัดทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ต่างมีความเร่งรีบโดยเฉพาะต่อการดำรงชีวิต ในเรื่องของการเดินทาง การประกอบอาชีพ การแสวงหาอาหารเพื่อการดำรงชีวิต จะเห็นได้ว่าตามศูนย์การค้าหลายแห่ง จะแน่นขนัดไปด้วยผู้คนต่างที่มาหาซื้ออาหารรับประทานมากกว่าการทำอาหารทานเองที่บ้าน เพราะความสะดวกรวดเร็ว ความหลากหลายของอาหาร ศูนย์อาหารเหล่านี้เองที่ก่อให้เกิดปัญหาจากการประกอบอาหาร โดยทิ้งกากไขมัน และเศษอาหารที่เหลือจากการบริโภคในแต่ละวันค่อนข้างมาก จนก่อให้เกิดมลพิษในการทำลายสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะก่อให้เกิดน้ำเน่าเสียเพราะกากไขมันที่จะกลายเป็นฟิล์มบนผิวน้ำ ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถละลายลงไปในน้ำได้ และเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั้งนี้อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำลายค่อนข้างสูง เช่นการฝังกลบ โดยเฉลี่ยค่าใช้จ่ายประมาณลูกบาศก์เมตรละ 1,000 บาท ซึ่งยังไม่คิดรวมค่าขนส่ง

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การผลิตไบโอดีเซล

ไบโอดีเซลคือเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียมซึ่งสามารถผลิตได้จากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น น้ำมันพืช ไขมันสัตว์ หรือสาหร่าย เป็นต้น ไบโอดีเซลมีการผลิตใช้ในเมืองไทยแล้วมีทั้งที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ และจากน้ำมันปรุงอาหารที่ใช้แล้ว

ในทางเคมีไบโอดีเซลคือสารอินทรีย์ประเภทเอสเทอร์ที่ผลิตได้จากไขมันของสิ่งมีชีวิตโดยใช้กระบวนการทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (transesterification) ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยากันระหว่างไขมันหรือน้ำมัน (ไตรกลีเซอไรด์) กับแอลกอฮอล์ที่ได้จากชีวมวล (คือเอทานอลและเมทานอล) ส่วนใหญ่จะใช้เมทานอลเพราะราคาถูกกว่าเอทานอล) ได้เป็นเอสเทอร์และกรีเซอร์อล

ไตรกลีเซอไรด์จะทำปฏิกิริยากับเมทานอลที่ผสมต่างแก่ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (โซเดียมไฮดรอกไซด์, โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนใหญ่จะใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์) ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้นจึงต้องใส่แอลกอฮอล์ให้มากกว่าเพื่อผลักดันการเกิดปฏิกิริยา เอสเทอร์ที่ผลิตด้วยวิธีนี้สามารถให้เอสเทอร์ได้ถึง 98 % เมื่อปฏิกิริยาสมบูรณ์แล้วสามารถแยกกรีเซอร์ลินซึ่งหนักกว่าเอสเทอร์ออกมาได้โดยการตั้งทิ้งไว้หรือใช้เครื่องปั่นแยกก็ได้ ในส่วนที่เป็นเอสเทอร์หรือไบโอดีเซลจะมีการแยกแอลกอฮอล์เหล่านี้ออกก่อนโดยการระเหยหรือกลั่นนั่นเอง แอลกอฮอล์ที่แยกได้สามารถที่จะเก็บกลับมาใช้ใหม่ได้

ข้อควรระวังในการผลิต

การผสมเมทานอลกับต่างแก่ก่อนที่จะใส่ลงไปทำปฏิกิริยากับไขมัน ต้องระวังการสัมผัส เนื่องจากสารตัวกลางที่ได้มีความไวในการเกิดปฏิกิริยามาก นอกจากสารตัวกลางที่ต้องระวังแล้ว เมทานอลและต่างแก่เองก็มีอันตรายด้วยเช่นกัน ประการสำคัญเมทานอลที่เหลือจากปฏิกิริยาซึ่งแยกออกจากไบโอดีเซลภายหลังด้วยการระเหยนั่น พบว่าในการผลิตทั่วไปมักจะปล่อยเมทานอลทิ้งให้ระเหยไปสู่บรรยากาศ ถ้าเป็นการผลิตปริมาณน้อยในสถานที่ซึ่งอากาศถ่ายเทสะดวกก็อาจไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ แต่หากเป็นการผลิตปริมาณมาก เมทานอลที่ปล่อยทิ้งจะมากตามไปด้วย ควรเก็บเมทานอลกลับมาใช้ใหม่ เพราะเมทานอลเองเป็นสารที่ไวไฟสูง เป็นพิษต่อร่างกายหากสูดดม สัมผัสผิวหนังหรือรับประทาน นอกจากนี้ในระยะยาวยังสามารถลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย

2.2 สมบัติของวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตร

ของทิ้งเสียทางการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ขางข้าวโพด และเหง้ำมันสำปะหลัง วัสดุเหล่านี้มีสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดี และสามารถนำไปใช้ให้พลังงานความร้อน

การนำวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ เป็นการลดขยะทางการเกษตร สามารถผลิตเชื้อเพลิงอัดก้อนสำเร็จรูปพร้อมใช้ วัสดุทิ้งเสียทางการเกษตรเป็นโครงการนำร่องการผลิตสำหรับชุมชน เพื่อการพึ่งพาตนเองในลักษณะเศรษฐกิจพอเพียงทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดก้อนในแง่ การให้พลังงาน และเป็นพลังงานทางเลือกใหม่สำหรับประชาชนทั้งในเขตเมืองและชนบท

การเลือกวัสดุทิ้งเสียที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย ขางข้าวโพด และเห้งมันสำปะหลังนั้น ภายหลังการวางแผนทำโครงการ โดยประกอบด้วยการทดลองและระยะเวลาของการทดลอง การเตรียมวัตถุดิบทางการเกษตร แล้วทำการทดลองผสมวัตถุดิบกับตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อขังน้ำหนักแล้วให้นำเข้าเครื่องอัด

ตารางที่ 1 ปริมาณความร้อนของวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตร

ชนิดของวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตร	ปริมาณความร้อน (kJ/kg)
แกลบ	3,296
ขี้เลื่อย	2,600
ขางข้าวโพด	2,125
เห้งมันสำปะหลัง	3,029

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บอมบ์แคลอรีมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดลองหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยอาศัยหลักการทำงานด้วยกระบวนการปริมาตรคงที่ เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก เช่น บีทียู/ปอนด์ กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และ กิโลจูล/กิโลกรัม

ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปเกิด

ขึ้นอย่างสมบูรณ์ในระบบ โดยปกติการสันดาปของเชื้อเพลิงจำพวกสารไฮโดรคาร์บอน เมื่อสันดาปในบรรยากาศของออกซิเจนแล้ว ผลของการสันดาปจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (ซึ่งอยู่ในสถานะของไอน้ำ) ถ้าไอน้ำสามารถกลั่นตัวแล้วคายความร้อนแฝงออกมา ได้ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ได้จะให้ค่าความร้อนสูงสุด แต่ถ้าไอน้ำไม่กลั่นตัว ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงจะเป็นค่าความร้อนต่ำ การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ เป็นการนำเอาเชื้อเพลิงที่จะทำการทดสอบไปขังน้ำหนัก แล้วมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ ภายใต้อุณหภูมิและความดันภายในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ และปริมาณความร้อนสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$Q = mc\Delta T \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอรีมิเตอร์ (kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (K)

ปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากสมการยังมีใช้ความร้อนที่ถูกต้อง เพราะตัวของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ยังสามารถวัดค่าความร้อนบางส่วนไว้ในตัวมันเอง และความร้อนบางส่วนก็สูญเสียไปให้กับบรรยากาศรอบๆ ไอน้ำบางส่วนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้และยังกลั่นตัวไม่หมด ซึ่งไอน้ำดังกล่าวจะดูดความร้อนเอาไว้ นอกจากนั้นยังมีความร้อนบางส่วนที่มาจากขดลวดขณะจุดติดเชื้อเพลิง และการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศของออกซิเจน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิสูงมาก และจะรวมตัวเป็นกรดไนตริกและกรดซัลฟูริก

จากลักษณะดังกล่าว เพื่อให้ทราบค่าความร้อนที่แท้จริงของเชื้อเพลิงควรปรับข้อผิดพลาดดังต่อไปนี้

1. ต้องตรวจสอบค่าน้ำสมมูลของเครื่องทดสอบ
2. ให้อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าบรรยากาศโดยรอบประมาณครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการเผาไหม้

3. ต้องหยดน้ำลงบนบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ เพื่อให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้

4. หาปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้ของขดลวด แล้วนำไปลบออก

5. ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงทดสอบน้อย เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นเพียง 2 - 3 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีความผิดพลาดน้อยที่สุด

ดังนั้นการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ควรใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Q = mc\Delta T - C_1 - C_2 - C_3 \quad (2)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอรีมิเตอร์ (kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (K)

C_1 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากการดไนตริก (kJ)

C_2 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากการดซัลฟูริก (kJ)

โดยทั่วไปค่า C_1 กับ C_2 จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 ในทางปฏิบัติ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในขณะคำนวณจะทำให้ค่า ΔT ที่ได้ไม่แน่นอน ΔT ดังสาเหตุที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อให้ค่า ΔT มีค่าที่ถูกต้องจึงใช้สมการดังต่อไปนี้

$$T = T_c - T_a - r_1(b - a) - r_2(c - b) \quad (3)$$

เมื่อ a คือ เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (s)

b คือ เวลาตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นจนถึง 60% ของอุณหภูมิสูงสุด (s)

c คือ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจนกระทั่งคงที่ (สูงสุด - ต่ำสุด) (s)

T_a คือ อุณหภูมิเริ่มการเผาไหม้ (K)

T_c คือ อุณหภูมิสูงสุด (K)

r_1 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงก่อนการเผาไหม้ (K)

r_2 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงหลังจุดบอมบ์ (K)

4. ลำดับขั้นและวิธีการทดลอง

4.1 นำกระป๋องแคลอรีมิเตอร์เปล่าไปชั่งน้ำหนัก แล้วจดบันทึกค่าไว้ ใส่ น้ำลงไป 2000 ซม³ อุณหภูมิของน้ำควรต่ำกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 2°C แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักสุทธิของน้ำ จดบันทึกค่าไว้

4.2 นำบอมบ์ที่อยู่ภายในใส่เชื้อเพลิง และพันขดลวดทำให้เกิดความร้อน จากนั้นปิดฝาให้แน่น และนำไปบรรจุออกซิเจน โดยเปิดลิ้นบรรจุอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันออกซิเจนที่เข้าไปเป่าเชื้อเพลิงหกจากถ้วย จนกระทั่งออกซิเจนมีความดันประมาณ 23 บาร์ (ก่อนบรรจุออกซิเจนให้ปิดลิ้นระบายให้แน่นก่อน)

4.3 ใส่บอมบ์ลงไปในถังแคลอรีมิเตอร์ สังเกตฟองอากาศที่รั่วออกจากฝาบอมบ์ ถ้ามีให้รีบแก้ไข

4.4 ต่อสายไฟเข้าตัวบอมบ์ลงไปในถัง แคลอรีมิเตอร์ ใส่เทอร์โมมิเตอร์เข้าที่ ปรับเครื่องกวนน้ำให้ถูกต้องตำแหน่ง แล้วจึงเดินเครื่องกวนน้ำ จนกระทั่งสังเกตว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอ ตอนนี้อ่านค่าอุณหภูมิทุก 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที บันทึกค่าไว้

4.5 เมื่อครบ 5 นาที แล้วให้กดสวิทช์จุดระเบิดเพื่อจุดเชื้อเพลิงให้ลุกไหม้ จากนั้นให้อ่านค่าอุณหภูมิทุก 10 วินาที ไปจนกว่าอุณหภูมิจะขึ้นสูงสุด และอุณหภูมิเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง ตอนนี้ให้อ่านค่าอุณหภูมิทุก 1 นาที ต่อไปอีก 5 นาที ให้บันทึกค่าไว้

4.6 ถ้าอุณหภูมิไม่ขึ้นเลยแสดงว่าเชื้อเพลิงไม่เกิดการลุกไหม้ จากนั้นเอาบอมบ์ออกมาทำความสะอาด

4.7 ถ้าอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น อ่านค่าอุณหภูมิตามข้อ 4.5 แล้วให้นำบอมบ์ออกมาจากแคลอรีมิเตอร์ แล้วเปิดลิ้นลดความดันจนเท่ากับความดันบรรยากาศ จึงเปิดฝาบอมบ์ออก แล้วสังเกตดูภายในว่ามีสภาพเป็นอย่างไร ถ้ามีเชื้อเพลิงเหลือจากการเผาไหม้ การทดลองนี้ก็ใช้ไม่ได้ ให้ทำการทดลองใหม่

4.8 แกะขดลวดความร้อนที่เหลือในบอมบ์ออกมาวัดความยาว แล้วนำค่าที่ได้ไปลบออกจากความยาวเดิม เพื่อหาความยาวของลวดที่ใช้ไปในการทดลอง

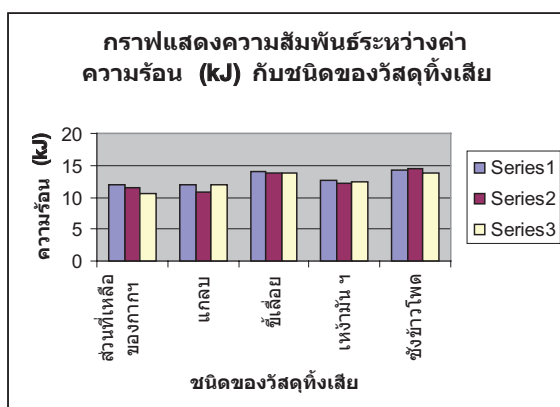
4.9 ทำความสะอาดอุปกรณ์ทดลอง เทน้ำออกจากถังแคลอรีมิเตอร์ จัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ให้เรียบร้อย

4.10 นำผลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าความร้อน

5. ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าความร้อนของวัสดุจากและทิ้งเสียทางการเกษตรทดลองผสม 3 ครั้ง ในอัตราส่วนผสม 100% โดยมีผล

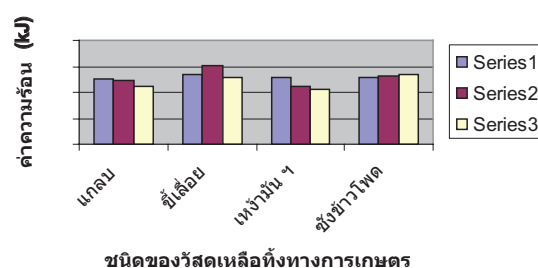
	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
ส่วนที่เหลือ ของกากฯ	11.87	11.53	10.53	11.31	0.70
แกลบ	12.03	10.70	11.87	11.53	0.732
ขี้เลื่อย	14.04	13.87	13.87	13.93	0.10
เหง้ามัน ฯ	12.54	12.20	12.37	12.37	0.17
ขี้ขี้วัวโพด	14.21	14.37	13.87	14.15	0.25



ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าความร้อนของวัสดุจากและทิ้งเสียทางการเกษตรทดลองผสม 3 ครั้ง ในอัตราส่วนผสม 50% โดยมีผลกับส่วนที่เหลือของกากไขมัน

	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
แกลบ	12.54	12.20	11.20	11.98	0.70
ขี้เลื่อย	13.54	15.21	12.87	13.87	1.20
เหง้ามัน ฯ	12.87	11.03	10.70	11.53	1.17
ขี้ขี้วัวโพด	12.87	13.04	13.37	13.09	0.26

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อน (kJ) กับชนิดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร



6. สรุปผล

การวิจัยได้ทำการทดลองหาส่วนที่เหลือของกากไขมันโดยที่ 100 % จะให้ค่าความร้อนน้อยกว่าวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตรที่ระดับเดียวกัน ถ้านำกากของกากไขมันมาทำการผสมในอัตราส่วน 50 : 50 โดยน้ำหนักจะให้ค่าความร้อนมากกว่าวัสดุทิ้งเสียทางการเกษตรบางชนิด อีกทั้งยังช่วยทำลายส่วนที่เหลือของกากไขมันให้หมดไป โดยทำให้เกิดประโยชน์ เสียค่าใช้จ่ายในการทำลายน้อยมาก และช่วยลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ นิตยพันธ์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดร. พิพัฒน์ ปราโมทย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพศาล เหลืองตระกูล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กัญญา บุญเกียรติ, 2544. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- [2] ประเสริฐ เทียนนิมิตร และคณะ, 2539. เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- [3] สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538. การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [4] ASHRAE, 1993. Pocket Guide for Air Conditioning, Heating, Ventilation, Refrigeration. SI ed. USA: The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [5] Bohl, Willi, 1971. Technische Stromungslehre. Germany: Vogel Verlag und Druck Gmbh.
- [6] Borgnakke Claus and Richard E. Sonntag, 1997. Thermodynamic and Transport Properties. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Parr, -. Analytical Methods for Oxygen Bombs. USA: Parr Instrument Company.
- [8] www.chemtrack.org

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการ ความมุ่งมั่นต่อการและประสิทธิภาพ ของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

Relationship of Needs Commitment and Performance of Personnel in Construction Industry

จามจุรี เครือทับ¹ ถาวร ชีรเวชญาณ² และรัฐวุฒิ ฐู่แทนคุณ³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ตามทฤษฎีของมาสโลว์ ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองกับความมุ่งมั่นต่อการ และความสัมพันธ์ระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองกับประสิทธิภาพของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาสำรวจวิจัยครั้งนี้ คือวิศวกรและไฟร์แมน รวมทั้งหมด 400 คน ในหน่วยงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มบุคลากรส่วนใหญ่มีระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ในระดับสูง มีความมุ่งมั่นต่อการในระดับสูง และประสิทธิภาพของบุคลากรในระดับสูง การทดสอบสมมติฐานพบว่าบุคลากรที่มีปัจจัยด้านระดับการศึกษาและตำแหน่งงานแตกต่างกัน มีความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ แตกต่างกัน และความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์มีความสัมพันธ์กับความมุ่งมั่นต่อการและประสิทธิภาพของบุคลากรอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : มาสโลว์, ความต้องการ, ความมุ่งมั่นต่อการ, ประสิทธิภาพ

Abstract

This research aims to study level of served needs of personnel in construction industry according to Maslow's Hierarchy of needs. The research also aims to study relationship of needs with commitment, and needs with performance. Samples are 400 engineers and foreman in construction sites in Bangkok and surrounding areas. Result shows that needs of construction personnel are served at high level, commitment and performance are high. Construction staffs with different education level and position have different served needs. The needs have significant relationship with organization commitment and performance.

Keywords : Maslow, Needs, Organization Commitment, Performance

¹นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

1. บทนำ

การจูงใจบุคลากรให้มีความมุ่งมั่นและประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับผู้บริหาร ทฤษฎีความต้องการเป็นทฤษฎีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ผู้บริหารนำมาประยุกต์ใช้ในการจูงใจบุคลากรได้ เนื่องจากหากเข้าใจระดับความต้องการของบุคลากรแล้ว จะสามารถจูงใจได้อย่างเหมาะสม

ในการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความต้องการที่ถูกตอบสนอง ความมุ่งมั่นต่อองค์กร ประสิทธิภาพในความต้องการของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ทั้งนี้เพื่อสามารถเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาการจัดการและการเพิ่มแรงจูงใจในการทำงาน ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้าง นำไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อองค์กรแต่ละองค์กรต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีความต้องการ

Maslow อ้างถึงใน [1] มาสโลว์เชื่อว่าพฤติกรรมของมนุษย์เป็นจำนวนมากสามารถอธิบายโดยใช้แนวโน้มของบุคคลในการค้นหาเป้าหมายที่จะทำให้ชีวิตของเขาได้รับความต้องการ ความปรารถนา และได้รับสิ่งที่มีความหมายต่อตนเอง เชื่อว่ามนุษย์เป็น “สัตว์ที่มีความต้องการ” และเป็นการยากที่มนุษย์จะไปถึงขั้นของความพึงพอใจอย่างสมบูรณ์ ในทฤษฎีลำดับขั้นความต้องการของมาสโลว์ เมื่อบุคคลปรารถนาที่จะได้รับความพึงพอใจและเมื่อบุคคลได้รับความพึงพอใจในสิ่งหนึ่งแล้วก็จะยังคงเรียกร้องความพึงพอใจสิ่งอื่นๆ ต่อไป ซึ่งถือเป็นคุณลักษณะของมนุษย์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความต้องการจะได้รับสิ่งต่างๆ อยู่เสมอ

มาสโลว์ อ้างถึงใน [2] ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมมนุษย์ไว้ว่า

คนทุกคนมีความต้องการ และความต้องการนี้จะมีอยู่ตลอดเวลา และไม่มีที่สิ้นสุดข้อสมมติฐานดังกล่าวก็คือเป็นข้อเท็จจริงที่ชัดเจนว่าทุกคนต่างก็มีความต้องการและความต้องการที่จะไม่มีทางสิ้นสุดตั้งแต่เกิดจนตาย

ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองแล้ว ก็จะมีใช้แรงจูงใจสำหรับพฤติกรรมต่อไปอีก ตามความคาดหมายนี้แสดงให้เห็นว่าความต้องการใด ๆ ถ้าพวกเขาได้รับการตอบสนองเสร็จสิ้นไปแล้วก็จะไม่มีความหมายสำหรับบุคคลนั้น และความต้องการลำดับต่อไปที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองเท่านั้นจะมีอิทธิพลต่อบุคคลดังกล่าวได้

ความต้องการของคนจะมีลักษณะเป็นลำดับขั้นจากต่ำไปหาสูงตามลำดับของความสำคัญ ลักษณะดังกล่าวย่อมแสดงให้เห็นว่า ความต้องการต่างๆ จะมีลักษณะเป็นลำดับตามความสำคัญในขณะที่ความต้องการขั้นต่ำได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการที่สูงขึ้นต่อไปจะตามมา มาสโลว์ได้สรุปลำดับขั้นความต้องการของมนุษย์ 5 ลำดับ ดังนี้คือ

- 1) ความต้องการขั้นพื้นฐานทางร่างกาย
(Physiological Needs)
- 2) ความต้องการความมั่นคงปลอดภัย
(Security or Safety Needs)
- 3) ความต้องการความเป็นเจ้าของและความรัก
(Belongingness and love Needs)
- 4) ความต้องการยกย่องจากผู้อื่น
(Esteem Needs)
- 5) ความต้องการที่จะเข้าใจตนเองและความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์
(Self-actualization Needs)

2.2 ความมุ่งมั่นต่อองค์กร

Mayer and Allen [3] กล่าวว่า ความมุ่งมั่นต่อองค์กร หมายถึง ความสัมพันธ์ที่หนักแน่นที่พนักงานแสดงตนเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับองค์กร มีความเชื่อมั่นต่อองค์กรสามารถแบ่งออกได้ 3 ด้าน คือ

- 1) ด้านความรู้สึก หมายถึง การที่พนักงานมีอารมณ์และความรู้สึกที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกับองค์กรเต็มใจที่จะเป็นสมาชิกขององค์กรตลอดไป
- 2) ด้านความต่อเนื่อง หมายถึง ความรู้สึกของพนักงานที่จะทำงานในองค์กรนี้ต่อไป เพราะตนเอง

ได้ทุ่มเทให้กับงานตั้งแต่ครั้งแรกที่เข้ามาเป็นสมาชิกกับองค์กร

3) ด้านความรับผิดชอบ หมายถึง ความรู้สึกของพนักงานรับรู้ว่า เป็นหน้าที่และความรับผิดชอบที่บุคคลต้องสนับสนุนกิจกรรมขององค์กรต่อไป

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ [4] หมายถึง กิจกรรมทางด้านการบริหารบุคคลที่ได้เกี่ยวข้องกับวิธีการซึ่งหน่วยงานพยายามที่จะกำหนดให้ทราบแน่ชัดว่า พนักงานของตนสามารถปฏิบัติงานได้มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดในการบริหารงานให้มีประสิทธิภาพนั้นทำได้เพียงใด อยู่ที่ปัจจัย 3 ประการที่ผสมผสานอยู่ด้วยกัน คือ

1) ความพยายาม คือ ขนาดของกำลังความพยายามของผู้ทำงานที่ทุ่มเทให้กับงานของกลุ่มจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ออกแบบว่า เป็นงานที่ทำด้วยความสามารถหรือไม่ ให้อิสระในการตัดสินใจหรือไม่ เป็นต้น

2) ทักษะความรู้ คือ ทั้งทักษะที่เกี่ยวข้องกับการทำงานและความรู้ที่จะเอาไว้วางงาน และรวมไปถึงการมีทักษะและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเข้ากับคนเพื่อการทำงานด้วย ทักษะและความรู้นี้เองที่จะทำให้มีประสิทธิภาพเข้ากันได้ และรวมพลังกันเพื่อการทำงานได้

3) กลยุทธ์ที่ใช้แก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ทำงาน ถ้ากลุ่มมีกลไกในการร่วมกันและช่วยกันคิดค้นหากกลยุทธ์ที่จะใช้แก้ปัญหาหรือพัฒนางานให้ดีขึ้นตลอดเวลาและประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นได้เสมอ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธิ ภาณุผล [5] กล่าวว่า งานก่อสร้างจะประสบผลสำเร็จได้นั้น ต้องมีแรงจูงใจในการทำงาน ที่จะคอยเป็นแรงกระตุ้นให้โครงการนั้น ๆ เสร็จตามกำหนด และได้ผลกำไรอย่างทีคาดหวัง ซึ่งสิ่งที่สำคัญคือผลการทำงาน (Performance) ของบุคลากร ตั้งแต่ผู้จัดการโครงการ (Project Manager) วิศวกรโครงการ (Project Engineer)

ผู้ควบคุมงาน (Supervisor) คนงาน (Workers) ฯลฯ ซึ่งผลการทำงานของคนเหล่านั้น ย่อมขึ้นอยู่กับเป้าหมายความต้องการของบุคคลทั้งแรงจูงใจด้านบวก (Motivators) และแรงจูงใจด้านลบ (Demotivators) ของบุคลากรระดับผู้ควบคุมงาน และคนงานในงานก่อสร้างเพื่อเป็นแนวทางในการบริหารงานก่อสร้างโดยเฉพาะ ตามผลการวิเคราะห์ดังนี้

1) แรงจูงใจด้านบวก ของคนงาน ตามลำดับความสำคัญ ได้แก่ ค่าตอบแทน ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ร่วมงาน ความปลอดภัยในการทำงาน ความมั่นคงในการทำงาน การควบคุมที่ดี การแจ้งข่าว การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การได้ค่าชมเชย เป็นที่ยอมรับ และงานที่ทำทำ เป็นลำดับสุดท้ายในแรงจูงใจด้านบวกของคนงานสำหรับผู้ควบคุมงาน ได้แก่ ค่าตอบแทน ความมั่นคงในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน การได้ค่าชมเชย และเป็นที่ยอมรับ ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ร่วมงาน การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ งานที่ทำทำ การแจ้งข่าว และการควบคุมที่ดีจะเป็นลำดับสุดท้าย

2) แรงจูงใจด้านลบ ของคนงาน ตามลำดับความสำคัญ ได้แก่ การปฏิบัติที่ไม่ดีจากผู้บังคับบัญชา ความไม่ปลอดภัยในการทำงาน การขาดค่าชมเชยและไม่เป็นที่ยอมรับ ความไม่มีประสิทธิภาพผู้ร่วมงาน การทำงานซ้ำ การขาดการสื่อสารที่ดี การตรวจและทดสอบที่ไม่ดี ความไม่สนใจในผลผลิตภาพ การใช้ความเชี่ยวชาญที่น้อยไป และการขาดการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ สำหรับผู้ควบคุมงาน ได้แก่ การปฏิบัติที่ไม่ดีจากผู้บังคับบัญชา ความไม่สนใจในผลผลิตภาพ การขาดค่าชมเชยและไม่เป็นที่ยอมรับ การทำงานซ้ำ ความไม่ปลอดภัยในการทำงาน การขาดการสื่อสารที่ดี การขาดการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การตรวจและทดสอบที่ไม่ดี การใช้ความเชี่ยวชาญที่น้อยไป และความไม่มีประสิทธิภาพผู้ร่วมงาน

จารุวรรณ สอนงูญติ และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาความต้องการและการได้รับการตอบสนอง ความต้องการการดูแลจากพยาบาลที่ปฏิบัติงานที่ศูนย์สุขภาพชุมชนของประชาชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความต้องการการดูแลจากพยาบาลที่ปฏิบัติงานที่ศูนย์สุขภาพชุมชนโดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 3.88$, S.D = 0.67) และการได้รับการตอบสนองความต้องการโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 3.72$ S.D = 0.72) จากการเปรียบเทียบพบว่า ปัจจัยด้านอายุระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานภาพ และการเป็นสมาชิกในชุมชนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) แต่ปัจจัยด้านเพศ และระยะทางจากที่พักถึงศูนย์สุขภาพชุมชนมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความต้องการผู้วิจัยมีความเห็นว่า ในบทความของ สุทธิ ภาณุผล ได้กล่าวไว้ว่า แรงจูงใจที่เกิดมาจากการต้องการนั้นเกิดมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าตอบแทน ความมั่นคงในการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับงานวิจัยของ จารูวรรณ สอนงญาติ และคณะซึ่งผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการ คือ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ สถานภาพ และการเป็นสมาชิกในชุมชน จากทั้ง 2 บทความจะเห็นได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการนั้นจะเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของบุคคล หรือสังคม

ลิขิต แซ่เตียว [7] ได้ศึกษาวัฒนธรรมภายในองค์กรที่มีผลต่อความผูกพันในองค์กร กรณีศึกษาพนักงานฝ่ายพัฒนาระบบเทคโนโลยี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส รายได้ต่อเดือน ระยะเวลาในการปฏิบัติงานและตำแหน่งงานของพนักงานฝ่ายพัฒนาระบบเทคโนโลยี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) ที่แตกต่างกันจะมีความผูกพันต่อองค์กรต่างกัน

พรทิพย์ เตชะอาภรณ์ชัย [8] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความผูกพันต่อองค์กร ศึกษากรณีพนักงานธนาคารแห่งประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับความผูกพันต่อองค์กร คือ เพศ อายุ วุฒิการศึกษา สถานภาพสมรส ระยะเวลาในการทำงานและอัตราเงินเดือนที่ได้รับในปัจจุบัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.04 ส่วน

ปัจจัย ส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับการรับรู้วัฒนธรรมองค์กรได้แก่ สถานภาพสมรส อัตราเงินเดือนที่ได้รับในปัจจุบัน ระยะเวลาในการทำงานและวุฒิการศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 องค์ประกอบการรับรู้วัฒนธรรมองค์การด้านวัฒนธรรมลักษณะตั้งรับ-เฉื่อยชา มีความสัมพันธ์กับความผูกพันต่อองค์กร โดยมีค่าสหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.8075 ($r = 0.8075$) และสามารถอธิบายความแปรผันของความผูกพันต่อองค์กรได้ร้อยละ 65.20

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความมุ่งมั่นต่อองค์กรจะเห็นได้ว่า จากทั้ง 2 งานวิจัยพบว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันจะมีความมุ่งมั่นหรือความผูกพันต่อองค์กรแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าบุคคลที่มีปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกันจะมีการรับรู้ถึงความมุ่งมั่นต่อองค์กรแตกต่างกัน เช่น ผู้ที่มีระดับการศึกษาสูงกว่า อาจจะมี ความมุ่งมั่นต่อองค์กรที่มากกว่าผู้ที่มีการศึกษาต่ำกว่า

เกศรา ศรีอุตสาหการ [9] ทำการศึกษาเรื่องประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของข้าราชการครูกรณีศึกษาข้าราชการครูเขตพื้นที่การศึกษาที่ 2 จังหวัดจันทบุรี พบว่า ข้าราชการครูที่มี วุฒิการศึกษา ระยะเวลา รับราชการ และตำแหน่งที่แตกต่างกัน จะไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ส่วนข้าราชการครูที่มีอายุที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ข้าราชการครูที่มีความก้าวหน้าจากการทำงานที่แตกต่างกันจะไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ส่วนข้าราชการครูที่มีปริมาณงานที่มากเกินไป ความร่วมมือจากผู้ที่เกี่ยวข้อง และสิ่งแวดล้อมในการทำงานแตกต่างกัน จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ธัญชนก ธิตพิงศ์วิวัฒน์ [10] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของพนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำนักงานใหญ่ จากผลการวิจัยพบว่า พนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำนักงานใหญ่ที่มี เพศ แตกต่างกัน มีความ

สำเร็จในการปฏิบัติงานของพนักงานโดยรวม ด้านประสิทธิผลในการปฏิบัติงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และระดับการศึกษาแตกต่างกันมีความสำเร็จในการปฏิบัติงานโดยรวม ด้านประสิทธิผลในการปฏิบัติงาน ด้านประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน และด้านพฤติกรรมในการทำงานของพนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำนักงานใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากงานวิจัยที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงาน ทั้ง 2 งานวิจัยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่า ในงานวิจัยของ เกศรา ศรีอุทธาทราบ ที่พบว่า อายุเท่านั้นที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน แต่ในงานวิจัยของ รัชชัยชนก ธิติพงษ์วิวัฒน์ พบว่า เพศ และระดับการศึกษา ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน อาจจะเป็นเพราะว่า เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 งานวิจัยมีความแตกต่างกันทั้งในหน้าที่การงาน และวัฒนธรรมองค์กรซึ่งอาจทำให้ผลของการวิจัยนั้นแตกต่างกัน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 ด้าน ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การสร้างแรงจูงใจให้เกิดขึ้นนั้นไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะปัจจัยภายนอกอย่างเดียว แต่จะเกิดกับปัจจัยภายในของบุคคลเป็นสำคัญ ถ้าบุคคลไหนได้รับการจูงใจภายนอกแต่มีความรู้สึกว่สิ่งที่ทางองค์กรใช้มาจูงใจนั้นไม่ได้ตอบสนองความต้องการของตนเองเลยก็จะทำให้สิ่งเหล่านั้นสูญเปล่าไป ดังนั้นองค์กรควรคำนึงถึงความต้องการของบุคลากรเป็นสำคัญ และการสร้างแรงจูงใจที่ดีควรจะสร้างให้เกิดขึ้นจากภายในตัวของบุคลากรเองจะทำให้เขารู้สึกมีความกระตือรือร้นในการทำงาน ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพด้วยตัวเอง

3. ขั้นตอนการวิจัย

3.1 ลักษณะประชากร

ประชากรในการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ วิศวกรและโพรแมนในหน่วยงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ วิศวกรและโพรแมน รวมทั้งหมด 400 คน ในหน่วยงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง หาได้จากสูตรการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวนประชากรของ Taro Yamane [11] แบบไม่ทราบจำนวนประชากร ประชากรที่ต้องการสุ่มตัวอย่าง 50% หรือ 0.05 จากประชากรทั้งหมด ต้องการระดับความเชื่อมั่น 95% และยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนได้ 5% หรือ 0.05 สามารถคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างได้ 384 ตัวอย่าง ผู้ทำการวิจัยจึงเก็บข้อมูลตัวอย่าง 400 คน เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างเกินกว่าค่าความคลาดเคลื่อน 5% หรือ 0.05

3.3 ลักษณะของแบบสอบถาม

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมเพื่อการวิจัยเชิงพรรณนาในครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่มีคำถามชนิดปลายปิด โดยแบ่งโครงสร้างคำถามออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้กรอกแบบสอบถาม และข้อมูลทั่วไปของโครงการของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นคำถามแบบมาตรานามบัญญัติซึ่งจะมีให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับการวัดระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นคำถามแบบมาตราช่วงประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) ตามรูปแบบ Likert scale ที่ตรงกับความรู้สึกและความเป็นจริงมากที่สุด

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามวัดความมุ่งมั่นของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีต่อองค์กร เป็นคำถามแบบมาตราช่วงประมาณค่า 5 ระดับ ตามรูปแบบ Likert scale ที่ตรงกับความรู้สึกและความเป็นจริงมากที่สุด

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามวัดประสิทธิภาพของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นคำถามแบบมาตรา

ช่วงประมาณค่า 5 ระดับ ตามรูปแบบ Likert scale ที่ตรงกับความรู้สึกและความเป็นจริงมากที่สุด

3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยโดยการสำรวจ (Survey) ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล วิธีการแจกแบบสอบถาม คือ การแจกแบบสอบถามรายบุคคล ใช้การจัดเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเวลาเดียว ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม 2554 และได้้นำแบบสอบถามที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ตอบโดยมีขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล และเกณฑ์การให้คะแนน

3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นโดยนำแบบสอบถามมาประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS โดยตัวแปรต่างๆ จะถูกนำมาลงรหัสเพื่อเปลี่ยนสภาพข้อมูลให้อยู่ในรูปตัวเลขแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยตามสมมติฐานที่ตั้งไว้โดยใช้สถิติในการศึกษาซึ่งดำเนินการตามลำดับดังนี้

3.5.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นสถิติเกี่ยวกับกาวิเคราะห์ข้อมูล ในรูปของการบรรยาย การนำเสนอข้อมูลในรูปตาราง กราฟ โดยการอธิบายรายละเอียดแบบสอบถามทุกข้อ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่ง ประสบการณ์ทำงาน เงินเดือน โดยใช้ค่าความถี่และค่าร้อยละ การแบ่งเกณฑ์ค่าเฉลี่ยเป็นระดับสูงต่ำใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้

คะแนนตั้งแต่ 3.67 – 5.00 หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับสูง คะแนนตั้งแต่ 2.34 – 3.66 หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนตั้งแต่ 1.00 – 2.33 หมายถึง มีความคิดเห็นอยู่ในระดับต่ำ

3.5.2 สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) เป็นสถิติที่ว่าด้วยเทคนิคในการเก็บรวบรวม ข้อมูลบางส่วนซึ่งเรียกว่า กลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนี้จะใช้เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด ตลอดจนกระบวนการ

ต่างๆที่จะนำไปสู่ผลสรุปเกี่ยวกับประชากร ซึ่งสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent t-test), การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม, การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม ใช้สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance) (F-test) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน (Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient)

4. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการความต้องการที่ถูกตอบสนอง ความมุ่งมั่นต่อองค์กรและประสิทธิภาพของบุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน และนำข้อมูลที่ได้มาจากแบบสอบถาม ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 400 ฉบับ มาทำการวิเคราะห์พร้อมนำเสนอผลการวิเคราะห์ โดยแบ่งการนำเสนอต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 35 ปี จำนวน 200 คน คิดเป็นร้อยละ 50, มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีจำนวน 284 คน คิดเป็นร้อยละ 71.00, ตำแหน่ง วิศวกร จำนวน 221 คน คิดเป็นร้อยละ 55.30, มีประสบการณ์ทำงาน 6-10 ปี คิดเป็นร้อยละ 58.30 และเงินเดือน 10,000-20,000 บาท จำนวน 187 คน คิดเป็นร้อยละ 46.80

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ ความมุ่งมั่นต่อองค์กร และประสิทธิภาพของบุคลากร

ผลการวิเคราะห์ระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ พบว่า กลุ่มบุคลากรส่วน

ใหญ่มีระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ในระดับสูง ($\bar{X} = 3.72$ และ $S.D. = 0.97$) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์

ระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีมาสโลว์	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
ความต้องการขั้นพื้นฐานทางร่างกาย	3.69	0.98	สูง
ความต้องการความมั่นคงปลอดภัย	3.67	1.03	สูง
ความต้องการความเป็นเจ้าของ และความรัก	3.80	0.89	สูง
ความต้องการยกย่องจากผู้อื่น	3.63	1.08	ปานกลาง
ความต้องการที่จะเข้าใจตนเองและความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์	3.74	1.02	สูง
รวม	3.72	0.97	สูง

จากตารางที่ 1 บุคลากรมีระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ โดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 3.72$) เมื่อแยกเป็นรายด้านพบว่า ความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ ด้านความต้องการความเป็นเจ้าของและความรัก เป็นอันดับหนึ่ง ($\bar{X} = 3.80$) ด้านความต้องการที่จะเข้าใจตนเองและความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นอันดับสอง ($\bar{X} = 3.74$) ด้านความต้องการขั้นพื้นฐานทางร่างกาย เป็นอันดับสาม ($\bar{X} = 3.69$)

ผลการวิเคราะห์ความมุ่งมั่นต่อองค์กรพบว่า กลุ่มบุคลากรส่วนใหญ่มีความมุ่งมั่นต่อองค์กรในระดับสูง ($\bar{X} = 3.72$ และ $S.D. = 0.96$)

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบุคลากรกลุ่มบุคลากรส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพของบุคลากรในระดับสูง ($\bar{X} = 3.72$ และ $S.D. = 0.92$)

4.2 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 บุคลากรที่มีปัจจัยส่วนบุคคลแตกต่างกัน มีระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์

สมมติฐานที่ 1.1 บุคลากรที่มีอายุแตกต่างกัน มีระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์แตกต่างกัน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุแตกต่างกันมีระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ จำแนกตามอายุ

อายุ	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	0.206	2	0.103	0.419	0.658
ภายในกลุ่ม	97.270	397	0.246		
รวม	97.476	399			

สมมติฐานที่ 1.2 บุคลากรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์แตกต่างกัน พบว่า ตอบแบบสอบถามที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกันมีระดับความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความต้องการที่ถูกตอบสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ จำแนกตามระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	9.704	2	4.852	21.89	0.000**
ภายในกลุ่ม	87.772	397	0.222	0	
รวม	97.476	399			

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ระดับการศึกษา	n	$\bar{X}$	S.D.
ต่ำกว่าปริญญาตรี	179	3.86	0.414
ปริญญาตรี	135	3.51	0.544
สูงกว่าปริญญาตรี	86	3.79	0.456
รวม	400	3.73	

จากตารางที่ 3 ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรีมีความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์สูงกว่าระดับการศึกษาปริญญาตรีและผู้ตอบแบบสอบถามที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีมีความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์สูงกว่าผู้ตอบแบบสอบถามที่มีระดับการศึกษาปริญญาตรี

สมมติฐานที่ 1.3 บุคลากรที่มีตำแหน่งแตกต่างกัน มีระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ แตกต่างกัน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีตำแหน่งแตกต่างกันมีระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ จำแนกตามตำแหน่ง

ตำแหน่ง	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
โพรแมน	179	3.85	0.43	4.859	0.000**
วิศวกร	221	3.62	0.51		
รวม	400				

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4 บุคลากรที่มีตำแหน่งโพรแมนมีความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์สูงกว่าบุคลากรที่มีตำแหน่งวิศวกร

สมมติฐานที่ 1.4 บุคลากรที่มีประสบการณ์ทำงานแตกต่างกัน มีระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ แตกต่างกัน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์ทำงาน

แตกต่างกัน มีระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ จำแนกตามประสบการณ์ทำงาน

ประสบการณ์ทำงาน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	0.304	2	0.152	0.619	0.539
ภายในกลุ่ม	97.172	397	0.245		
รวม	97.476	399			

สมมติฐานที่ 1.5 บุคลากรที่มีเงินเดือนแตกต่างกัน มีระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ แตกต่างกัน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีผู้ตอบแบบสอบถามที่มีเงินเดือนแตกต่างกันมีความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ จำแนกตามเงินเดือน

เงินเดือน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	0.430	2	0.215	0.878	0.416
ภายในกลุ่ม	97.046	397	0.245		
รวม	97.476	399			

สมมติฐานที่ 2 ระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ มีความสัมพันธ์กับความมุ่งมั่นต่อองค์กรของบุคลากร พบว่า ความมุ่งมั่นต่อองค์กรของบุคลากรโดยรวมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์อย่างมีนัยสำคัญดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างความมุ่งมั่นต่อองค์กรของบุคลากรและความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์

ความมุ่งมั่นต่อองค์กรของ บุคลากร	ความต้องการตามทฤษฎี มาสโลว์	
	r	p
ความมุ่งมั่นต่อองค์กรของ บุคลากรโดยรวม	1.000**	0.000

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 7 ความมุ่งมั่นต่อองค์กรของบุคลากรมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สมมติฐานที่ 3 ระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของบุคลากร พบว่า ประสิทธิภาพของบุคลากรโดยรวมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างประสิทธิภาพของบุคลากรและความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์

ประสิทธิภาพของ บุคลากร	ความต้องการตามทฤษฎี มาสโลว์	
	r	p
ประสิทธิภาพของ บุคลากรโดยรวม	0.121*	0.015

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 8 ประสิทธิภาพของบุคลากรมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. อภิปรายผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์เป็นรายด้าน พบว่าด้านความต้องการ

ความเป็นเจ้าของและความรัก เป็นอันดับหนึ่ง อาจเป็นเพราะงานในลักษณะก่อสร้างมีการทำงานเป็นทีมค่อนข้างมาก ความต้องการที่จะเข้าใจตนเองและความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นอันดับสอง เพราะงานก่อสร้างเป็นงานที่สร้างความภูมิใจให้แก่ผู้สำเร็จ

บุคลากรที่มีระดับการศึกษาปริญญาตรีมีความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ต่ำกว่าผู้ที่มีการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี เพราะผู้ที่มีการศึกษามากกว่าปริญญาตรี ด้วยหน้าที่การงานแล้ว ด้วยระดับการศึกษาที่สูงกว่าจะทำให้หน้าที่การงาน และความรับผิดชอบในการทำงานจะสูงกว่า ก็ย่อมที่จะได้ค่าตอบแทนที่สูงกว่า จึงทำให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของตนเองได้มากกว่า และบุคลากรที่มีระดับการศึกษาปริญญาตรีมีความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ต่ำกว่าผู้ที่มีการศึกษาค่ากว่าปริญญาตรีเพราะว่าผู้ที่มีการศึกษาค่ากว่าปริญญาตรีจะมีความต้องการในสิ่งต่างๆ ที่ตนไม่สามารถตอบสนองได้ อาจเนื่องจากด้วยผลตอบแทนที่ได้รับไม่มาก และความก้าวหน้าที่จะสูงขึ้นในหน้าที่การงานมีน้อยกว่า โดยธรรมชาติทำให้ไม่มีการแสวงหาความต้องการที่สูงมากนัก

บุคลากรที่มีตำแหน่ง โฟร์แมนมีความต้องการที่ตอบสนองตามทฤษฎีมาสโลว์ สูงกว่าบุคลากรที่มีตำแหน่งวิศวกร อาจเป็นเพราะพนักงานที่เป็นโฟร์แมนด้วยงานและผลตอบแทนแล้วจะน้อยกว่าตำแหน่งวิศวกร เมื่องานและผลตอบแทนน้อยกว่า โดยทั่วไปจะทำให้ไม่แสวงหาความต้องการที่สูงขึ้นไป แต่วิศวกรยังมีความต้องการที่ยังไม่ถูกต้องสนองเพราะมองเห็นความก้าวหน้าที่จะถูกตอบสนองได้มากขึ้น

ความมุ่งมั่นต่อองค์กรของบุคลากรมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ อาจเป็นเพราะเมื่อบุคลากรได้รับความต้องการที่ถูกต้องสนองที่ได้จากองค์กรแล้วจะทำให้บุคลากรเกิดความรู้สึกที่ดีต่อองค์กรรู้สึกว่าการให้ผลตอบแทนที่เหมาะสมแล้วจึงเกิดเป็นความมุ่งมั่นต่อองค์กร

ประสิทธิภาพของบุคลากรมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ อาจเป็นเพราะ เมื่อบุคลากรเกิดความต้องการที่ถูกต้องสนองแล้วเพื่อให้ได้การตอบสนองต่อความต้องการนั้นก็จะพยายามทำงานให้มากขึ้น สร้างผลงาน ทำงานเต็มที่ จึงทำให้งานเกิดประสิทธิภาพเพื่อที่จะให้องค์กรรับรู้ แล้วตอบสนองตามสิ่งที่ตนเองต้องการ

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทธิ ภาชีผล [5] ในประเด็นที่ว่าความเป็นที่ยอมรับและความสำคัญระหว่างผู้ร่วมงานเป็นสิ่งที่สำคัญในการจูงใจบุคลากรระดับผู้ควบคุมงาน

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าบุคลากรผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ มีอายุมากกว่า 35 ปี จำนวน 200 คน คิดเป็นร้อยละ 50 มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีจำนวน 284 คน คิดเป็นร้อยละ 71.00 ตำแหน่ง วิศวกร จำนวน 221 คน คิดเป็นร้อยละ 55.30 และมีประสบการณ์ทำงาน 6-10 ปี คิดเป็นร้อยละ 58.30 และเงินเดือน 10,000-20,000 บาท จำนวน 187 คน คิดเป็นร้อยละ 46.80 กลุ่มบุคลากรส่วนใหญ่มีระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์ในระดับสูงความมุ่งมั่นต่อองค์กรในระดับสูง และมีประสิทธิภาพของบุคลากรในระดับสูง

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่าบุคลากรที่มีปัจจัยด้านระดับการศึกษาและตำแหน่งงานแตกต่างกัน มีความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์แตกต่างกัน ระดับความต้องการที่ถูกต้องสนองตามทฤษฎีของมาสโลว์มีความสัมพันธ์กับความมุ่งมั่นต่อองค์กรและประสิทธิภาพของบุคลากรอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ เช่น องค์กรควรจะมีการจัดทำแบบสำรวจถึงความต้องการของบุคลากรในด้านการทำงานของวิศวกรและไฟร์แมน เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจในการทำงาน มีการยกย่องชมเชยวิศวกรและไฟร์แมนที่มีผลงานดีเด่นบ่อยครั้ง เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจในการทำงาน มีการจัดกิจกรรม

ต่างๆ เพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างวิศวกรและไฟร์แมน ควรจะให้ความสำคัญในด้านผลตอบแทนที่ได้รับ โดยให้ความสำคัญในการให้ผลตอบแทน และจัดให้มีการอบรมเกี่ยวกับงานในด้านต่างๆให้กับทั้งวิศวกรและไฟร์แมน และให้โอกาสสอบเพื่อเลื่อนตำแหน่ง เพื่อที่จะให้บุคลากรที่ทำงานอยู่มีความก้าวหน้าในงานโดยกระตือรือร้นที่จะพัฒนาทักษะและความรู้ของตนเอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Weiten, Wayne. 1989. **Psychology Themes and Variation**. Belmont, C.A: Brook/cole Publishing co.
- [2] สิริธร วิชชาวุธ, 2544. **แรงจูงใจกับการเรียนรู้จิตวิทยาอุตสาหกรรมและองค์การ** เบื้องต้น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [3] Allen, N.J., & Meyer, J.P. 1991. A three-Component conceptualization of organizational commitment. **Human Resource Management Review**.
- [4] ธงชัย สันติวงษ์, 2539. **องค์การและการบริหาร**. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- [5] สุทธิ ภาชีผล, 2543. **แรงจูงใจของบุคลากรในงานก่อสร้าง**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://tumcivil.com/engfanatic/article_gen.php. (25 มิถุนายน 2554).
- [6] จารุวรรณ สอนงญาดี และคณะ, 2552. **ความต้องการและการได้รับการตอบสนองความต้องการการดูแลจากพยาบาลที่ปฏิบัติงานที่ศูนย์สุขภาพชุมชนของประชาชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี**. การพยาบาลและการศึกษา.
- [7] ลิจิต แซ่เตียว, 2548. **วัฒนธรรมภายในองค์กรที่มีผลต่อความผูกพันในองค์กร กรณีศึกษา พนักงานฝ่ายพัฒนาระบบเทคโนโลยี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด มหาชน สำนักงานใหญ่**. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- [8] พรทิพย์ เตชะอาภรณ์ชัย, 2543. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความผูกพันต่อองค์กร : ศึกษากรณีพนักงานธนาคารแห่งประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาอุตสาหกรรมและองค์การ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] เกตราศรีอุตสาหการ, 2548. ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของข้าราชการครู: กรณีศึกษาข้าราชการครูเขตพื้นที่การศึกษาที่ 2 จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการบริหารทั่วไปวิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [10] ชันย์ชนก ธิติพงศ์วิวัฒน์. 2552. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการปฏิบัติงานของพนักงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิตสาขาการจัดการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [11] Yamane, Taro, **Statistics: An Introductory Analysis**. Third editio. Newyork : Harper and Row Publication. 1973.

**การออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ สำหรับตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร
โดยประยุกต์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW
ADAPTIVE ALGORITHM DESIGN FOR SYMMETRICAL COMPONENT
DETECTION USING LABVIEW IMPLEMENTATION**

สุรเดช อินทร์ฟูม¹ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์² ชูวงศ์ วัฒนศักดิ์ภูบาล³

บทคัดย่อ

ในบทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ สำหรับตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร โดยประยุกต์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW องค์ประกอบสมมาตร มีความสำคัญ และมีการประยุกต์ใช้ในหลายๆ ด้านสำหรับงานด้านไฟฟ้ากำลัง ในงานด้านคุณภาพไฟฟ้า ในงานด้านการป้องกันระบบไฟฟ้า และได้นำเสนอเทคนิคอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ เพื่อในการตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรทั้งในระบบที่มีการเปลี่ยนแปลง และ ไม่เปลี่ยนแปลง โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อทำการทดสอบอัลกอริทึม จากผลการทดสอบ จะเห็นได้ว่า สามารถติดตามระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ และใช้เวลาในการเข้าระบบเพียง 0.04 วินาที เมื่อนำเทคนิคนี้เทียบกับเทคนิค Fast Fourier Transform (FFT) จะเห็นได้ว่าเทคนิคอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้เร็วกว่าเทคนิค FFT ถึง 28.9015 เท่าโดยประมาณ อัลกอริทึมใหม่ที่ได้จากการทดสอบสามารถนำมาใช้ในการตรวจวัดค่าองค์ประกอบสมมาตร, เป็นเครื่องมือต้นแบบและการประยุกต์ใช้กับโปรแกรม LabVIEW จะสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ซึ่งจะช่วยลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ

คำสำคัญ : องค์ประกอบสมมาตร, อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้

Abstract

This paper presents the adaptive algorithm for symmetrical component detection using LabVIEW implementation. The symmetrical component are important and can be applied to aspects of power system application, for example, the power quality, power system protection and so on and presents the technique of adaptive algorithm for measuring the value of symmetrical component both normal and abnormal system, and carried out by using MATLAB program. In order to test this algorithm, the examination result found that it could track the abnormal and about only 0.04 seconds. When comparing this with fast fourier transform (FFT), technique it shows that the algorithm technique could adjust itself faster than FFT technique FFT about approximately 28.9015 times. This algorithm can be ensured by using LabVIEW program. It shows that the symmetrical component can be tracked faster than MATLAB program 16 times.

Keywords : Symmetrical Component, Adaptive algorithm

¹พนักงานช่างระดับ 4 (สอทไลน์) ประจำการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 3 ภาคกลาง (นครปฐม)

²อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³วิศวกรระดับ 5 ประจำการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 3 ภาคใต้ (ยะลา)

1. บทนำ

องค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้า [1],[2] มีความสำคัญ และมีการประยุกต์ใช้ในหลายๆด้านสำหรับงานด้านไฟฟ้ากำลัง เช่น งานด้านคุณภาพไฟฟ้า และงานด้านการป้องกันระบบไฟฟ้า ในบทความนี้ต้องการนำเสนอโครงสร้างของอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองเชิงเส้นผสม (Adaptive linear combiner structure) [3] สำหรับการประมาณ และติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตร โครงสร้างดังกล่าวสามารถให้ผลลัพธ์มากกว่าหนึ่ง (Multi-output) แตกต่างจากโครงสร้างของอัลกอริทึมแบบปรับตัวเองเชิงเส้นผสมทั่วไปที่ให้ผลลัพธ์เพียงหนึ่ง (Single-output) โครงสร้างใหม่นี้เรียกว่าอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ (Adaptive algorithm)

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตเทคนิคการวัดค่าองค์ประกอบสมมาตรสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่ 1 การแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว [4],[5] วิธีนี้สามารถใช้ได้กับแรงดันที่ผิดเพี้ยน ข้อเสียของวิธีนี้คือไม่มีความแม่นยำในการวัดภายใต้สภาวะของโหลดที่เปลี่ยนแปลง วิธีที่ 2 The Kalman Filter (KF)[6],[7] ข้อดีของวิธีนี้คือใช้ในการประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรของระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาได้เป็นอย่างดี วิธีเหมาะสมสำหรับระบบที่มีสัญญาณรบกวน ค่าที่ได้จะเป็นค่าประมาณที่ใกล้เคียงค่าจริงที่สุด ข้อเสียของวิธีนี้คือมีการคำนวณที่มากไม่สามารถประยุกต์ใช้สร้างเป็นเครื่องมือในการติดตามองค์ประกอบสมมาตรได้ ถ้าจะสร้างเครื่องมือเพื่อติดตามองค์ประกอบสมมาตรจะต้องใช้หน่วยความจำขนาดใหญ่ และตัวประมวลผลที่มีความไวสูง

ในบทความนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการใหม่โดยการออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประมาณติดตามค่าขององค์ประกอบสมมาตรเพื่อนำค่าพารามิเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆต่อไป โดยการพัฒนาในโปรแกรม LabVIEW โดยผู้วิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ใช้งานง่ายสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมสามารถใช้ได้และกราฟที่สวยงาม และการเก็บข้อมูลเก็บเป็นไฟล์ .csv

เพราะไฟล์นี้สามารถใช้ โปรแกรม Microsoft Excel อ่านได้โดย และยังโหลดค่าข้อมูลไปยัง Workspace ของโปรแกรม Matlab ได้เลยโดยไม่ต้องแปลงค่าก่อน จากความสามารถข้างต้น สามารถใช้โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตรได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

องค์ประกอบสมมาตรของกระแสและแรงดันไฟฟ้ามีความสำคัญ และมีการประยุกต์ใช้ในหลายๆด้านสำหรับงานด้านไฟฟ้ากำลัง ในงานด้านคุณภาพไฟฟ้า (Power Quality) ขนาดขององค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับศูนย์ (Zero Sequence Current) และองค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับลบ (Negative Sequence Current) เป็นตัวบ่งชี้ถึงความไม่สมดุลของโหลดในระบบไฟฟ้า ในงานด้านการป้องกันระบบไฟฟ้า (Power System Protection) องค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้าถูกใช้เพื่อกำหนดการทำงานให้รีเลย์วัดระยะทาง (Distance Relay) หรือนำมาใช้เพื่อคำนวณหาตำแหน่งผิดปร้อง (Fault Locator) นอกจากนั้นยังมีรีเลย์อีกหลายชนิดที่จำเป็นต้องตรวจจับขนาดขององค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับต่างๆ เพื่อนำมาตัดสินใจและป้องกันระบบไฟฟ้า เช่น รีเลย์กระแสเกิน (Ground Over Current Relay) ใช้องค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับศูนย์เพื่อนำมาตัดสินใจสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ปลดวงจรออกเมื่อเกิดความผิดปกติลงดินขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น

ทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่ารีเลย์และเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าจะต้องมีการประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรของกระแส หรือ/และองค์ประกอบสมมาตรของแรงดันอยู่ตลอดเวลาในตัวเอง (Real time)

การประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรของกระแส หรือ/และองค์ประกอบสมมาตรของแรงดันอยู่ตลอดเวลา โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้วิธีการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform) ร่วมกับตัว

คุณเมตริกซ์ (Matrix Transform) โดยเริ่มต้นจาก สัญญาณของกระแสและแรงดันไฟฟ้าซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog signal) มีความต่อเนื่องทางเวลา ถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital signal) โดยใช้ตัวแปลงสัญญาณ (A/D) ส่งไปประมวลผลยังไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อหาค่าเฟสเซอร์ (Phasor) ของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่เวลาใดๆ โดยอาศัยการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว เมื่อได้ผลลัพธ์ในรูปแบบของค่าเฟสเซอร์ของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่เวลาใดๆ ในขั้นต่อไปจึงใช้ตัวคุณเมตริกซ์แปลงค่าจากเฟสเซอร์ของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่เวลาใดๆ เป็นองค์ประกอบสมมาตรของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่เวลาใดๆต่อไป โดยกระบวนการทั้งหมดที่ได้กล่าวมาจะต้องประมวลผลให้เสร็จก่อนที่สัญญาณดิจิทัลของกระแส และแรงดันค่าใหม่ถูกสุ่ม เพื่อคำนวณในรอบของการคำนวณถัดไป

เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรลง อีกทั้งยังเป็นหน่วยประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรโดยตรง ในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบอัลกอริทึมแบบปรับตัวเอง มีโครงสร้างเชิงเส้นผสมเพื่อให้ผลลัพธ์เป็น 3 ผลลัพธ์ที่เวลาเดียวกัน คือ 1.) องค์ประกอบสมมาตรลำดับศูนย์ 2.) องค์ประกอบสมมาตรลำดับลบ 3.) องค์ประกอบสมมาตรลำดับบวก ซึ่งจะช่วยให้ง่ายต่อการนำไปใช้ประมวลผลเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบแบบสมมาตรแบบเวลาจริง

3. การออกแบบอัลกอริทึมปรับตัวเองได้

3.1 การออกแบบสมการอัลกอริทึมปรับตัวเองได้

ในการสร้างสมการสำหรับองค์ประกอบสมมาตรนี้จะอาศัยความสัมพันธ์ของรูปคลื่นที่ไม่สมมาตรและองค์ประกอบสมมาตรเป็นส่วนที่สำคัญในอัลกอริทึมนี้ การแสดงส่วนที่สมมาตรกันของปริมาณทางไฟฟ้า (3 เฟส) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$i_a = I_0 \sin(\omega t + \phi_0) + I_1 \sin(\omega t + \phi_1) + I_2 \sin(\omega t + \phi_2) \quad (1)$$

$$i_b = I_0 \sin(\omega t + \phi_0) + I_1 \sin(\omega t + \phi_1 - 120) + I_2 \sin(\omega t + \phi_2 + 120) \quad (2)$$

$$i_c = I_0 \sin(\omega t + \phi_0) + I_1 \sin(\omega t + \phi_1 + 120) + I_2 \sin(\omega t + \phi_2 + 120) \quad (3)$$

เมื่อ I_0 และ f_0 คือ ขนาด และมุมเฟสขององค์ประกอบลำดับศูนย์

I_1 และ f_1 คือ ขนาด และมุมเฟสขององค์ประกอบลำดับบวก

I_2 และ f_2 คือ ขนาด และมุมเฟสขององค์ประกอบลำดับลบ

ถ้าเราใช้สมการ $\sin(a + b) = \sin(a)\cos(b) + \cos(a)\sin(b)$ แทนในสมการที่ (1)-(3) จะได้

$$i_a = I_0 \cos(\phi_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(\phi_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(\phi_1) \sin(\omega t) + I_1 \sin(\phi_1) \cos(\omega t) + I_2 \cos(\phi_2) \sin(\omega t) + I_2 \sin(\phi_2) \cos(\omega t) \quad (4)$$

$$i_b = I_0 \cos(\phi_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(\phi_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(\phi_1) \sin(\omega t - 120) + I_1 \sin(\phi_1) \cos(\omega t - 120) + I_2 \cos(\phi_2) \sin(\omega t + 120) + I_2 \sin(\phi_2) \cos(\omega t + 120) \quad (5)$$

$$i_c = I_0 \cos(\phi_0) \sin(\omega t) + I_0 \sin(\phi_0) \cos(\omega t) + I_1 \cos(\phi_1) \sin(\omega t + 120) + I_1 \sin(\phi_1) \cos(\omega t + 120) + I_2 \cos(\phi_2) \sin(\omega t + 120) + I_2 \sin(\phi_2) \cos(\omega t + 120) \quad (6)$$

ถ้าเราจัดสมการที่ (4)-(6) ใหม่ให้อยู่ในรูปแบบเมทริกซ์ จะได้

$$y(t) = \Phi(t)\theta(t) \quad (7)$$

เมื่อ $y(t)$ แทน การวัด

$\theta(t)$ แทน การประมาณค่าตัวแปรในอนาคต

$\Phi(t)$ แทน ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่เปลี่ยนแปลงกับเมทริกซ์

ตัวแปรเหล่านี้แสดงในสมการ (8)-(10) ที่แสดงไว้ด้านล่าง งานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานว่าสัญญาณกระแสหรือแรงดันใดๆ เป็นฟังก์ชันของโคไซน์ (Cosine) ที่ความเร็วเชิงมุมเท่ากับความเร็วเชิงมุมมูลฐาน (fundamental-

$$y(t) = \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\Phi(t)^T = \begin{bmatrix} \sin \omega t & \cos \omega t & \sin \omega t & \cos \omega t & \sin \omega t & \cos \omega t \\ \sin \omega t & \cos \omega t & \sin(\omega t - 120) & \cos(\omega t - 120) & \sin(\omega t + 120) & \cos(\omega t + 120) \\ \sin \omega t & \cos \omega t & \sin(\omega t + 120) & \cos(\omega t + 120) & \sin(\omega t - 120) & \cos(\omega t - 120) \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$y(t) = A_i \cdot \cos(i \cdot \omega \cdot t + \theta_i) \quad (11)$$

นำสมการที่ (3.11) มาจัดรูปใหม่ ให้อยู่ในรูปของสมการผลต่างของฟังก์ชันโคไซน์ตามสมการที่ (12)-(16) ตามลำดับ

$$y(t) = A_i \cdot \cos(\omega_s \cdot t) \cdot \cos(\theta_i) - A_i \cdot \sin(\omega_s \cdot t) \cdot \sin(\theta_i) \quad (12)$$

$$[X] = [\Phi] \quad (13)$$

$$[W] = [\theta] \quad (14)$$

$$y(t) = [W] \cdot [X]^T \quad (15)$$

$$e(t) = x(t) - [W] \cdot [X]^T \quad (16)$$

เมื่อ $x(t)$ คือ แทนสัญญาณกระแสหรือแรงดันที่ต้องการวัดหาส่วนประกอบองค์ประกอบสมมาตร

$e(t)$ คือ ความแตกต่างระหว่างสัญญาณกระแสหรือแรงดันที่ต้องการวัดที่ต้องการวัดหาส่วนประกอบขององค์ประกอบสมมาตรกับสัญญาณด้านออกจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์

$[W]$ Weight vector (การถ่วงน้ำหนักของค่า)

angular frequency 1th) ของระบบไฟฟ้านั้นๆ โดยมีส่วนประกอบขององค์ประกอบสมมาตรที่ i ถึง $i(t)$ ตามสมการที่ (11)

$$\theta(t) = \begin{bmatrix} I_0 \cos(\phi_0) \\ I_0 \sin(\phi_0) \\ I_1 \cos(\phi_1) \\ I_1 \sin(\phi_1) \\ I_2 \cos(\phi_2) \\ I_2 \sin(\phi_2) \end{bmatrix} \quad (9)$$

จากสมการที่ (10) เมื่อแปลงสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) เป็นสัญญาณเชิงเวลาเต็มหน่วย (Discrete Time Signal) ค่าสัมประสิทธิ์ $[W]$ สามารถปรับตัวเองเพื่อให้มีค่า $|e(t)|^2$ ต่ำสุด ตามกฎของ Widrow-Hoff delta rule [8],[9] จะได้สมการที่ (3.17) คือ

$$W(k+1) = W(k) + \frac{\alpha \times e(k) \times [X(k)]}{[X(k)] \times [X(k)]^T} \quad (16)$$

เมื่อ k คือ รอบของการปรับค่าสัมประสิทธิ์ Weight Vector

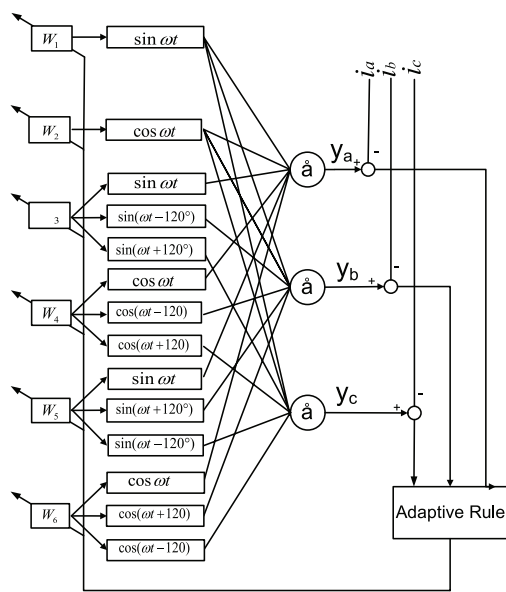
$W(k)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Weight Vector รอบที่ k

$W(k+1)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ Weight Vector ที่ถูกปรับในรอบต่อไปที่ $k+1$

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ (Learning Parameter)

3.2 โครงสร้างอัลกอริทึมปรับตัวเองได้

การออกแบบโครงสร้างอัลกอริทึมปรับตัวเองได้นั้น จะนำ สมการทั้งหมดในข้างต้นมาเขียนเป็นรูปเพื่อที่จะได้ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 1 โครงสร้างของอัลกอริทึม

จากรูปที่ 1 W_{1-6} คือค่าของ $q(t)$ ในสมการที่ (9) คือค่าขององค์ประกอบสมมาตร นำมาคูณ $F(t)$ ในสมการที่ (10) จะได้ $y_{(a,b,c)}$ แล้วนำมาลบด้วย สัญญาณจริง เกิดค่า Error นำค่า Error มาคำนวณใน Adaptive Rule ในสมการที่ (16) จะได้ค่า W ในรอบต่อไป

4. ผลการทดสอบอัลกอริทึม

ในการทดสอบอัลกอริทึมนั้นจะจำลองความผิดปกติด้วยโปรแกรม ATP-EMTP โดยกำหนดค่าเริ่มต้นเป็นดังนี้

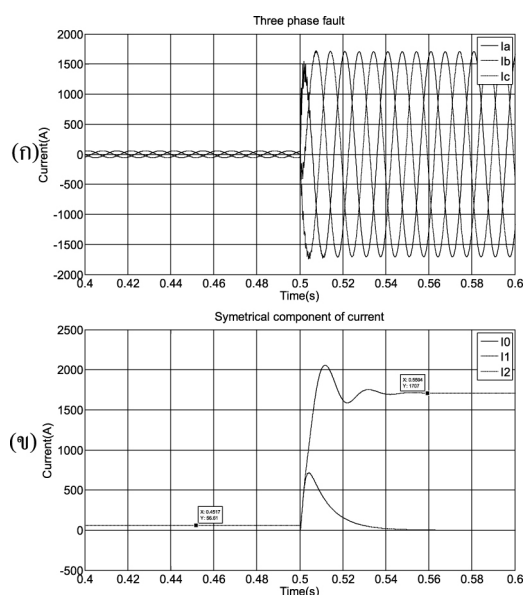
ตารางที่ 1 กำหนดระบบเริ่มต้นของระบบ

ระบบ	ขนาด	ระบบ
แหล่งจ่ายแรงดัน 3 เฟส	22kV	แหล่งจ่ายแรงดัน 3 เฟส
ความถี่	50Hz	ความถี่
สายส่ง	10 ก.ม.	สายส่ง
โหลด	2000+ 0.0025i	โหลด
เกิดการผิดปกติ ที่เวลา	0.5 วินาที	เกิดการผิดปกติ ที่เวลา

4.1 การทดสอบอัลกอริทึมด้วยโปรแกรม MATLAB

กรณีศึกษานี้จะกำหนดระบบเริ่มต้นเป็น ดังนี้ แหล่งจ่ายเป็นแหล่งจ่ายแรงดัน 3 เฟส 22kV ที่ความถี่ 50Hz ต่อกับสายส่งยาว 10 ก.ม. จ่ายให้กับโหลดขนาด $1796 + 0.000032i$ เท่ากันทั้ง 3 เฟส

จำลองการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสามเฟส ในระบบเริ่มต้นที่เวลา 0 วินาทีเกิดความผิดปกติที่เวลา 0.5 วินาที โดยแสดงในรูปที่ 2

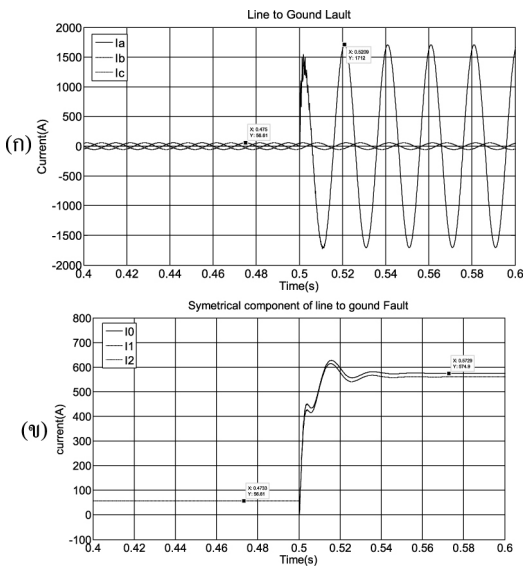


รูปที่ 2 (ก) กระแสเมื่อเกิดการผิดปกติในระบบแบบ 3 เฟส
(ข) องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแส

จากรูปที่ 2 อธิบายการแยกองค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแสในรูปที่ 2 (ก) ออกเป็น ลำดับศูนย์ (I_0), ลำดับบวก (I_1), ลำดับลบ (I_2) โดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ด้วยโปรแกรม Matlab ที่เวลา 0 วินาที ถึง 0.49 วินาที ระบบเป็นปกติจะวัดได้แต่ลำดับบวกมีค่าประมาณ 56.6A เท่ากับค่าของกระแสในรูปที่ 2 ที่เวลา 0.5s เกิดการผิดปกติแบบสามเฟสในระบบในช่วงเวลา 1-2 cycle แรก อัลกอริทึมจะพยายามปรับตัวจากสภาวะปกติเป็นสภาวะเกิดการผิดปกติหลังจากนั้นอัลกอริทึมจะเข้าสู่สภาวะคงที่ที่จะเห็นได้ว่ามีแต่ค่าลำดับบวกที่เท่ากับ

1708A เท่ากับค่าของกระแสในรูปที่ 2 และลำดับศูนย์, ลำดับลบมีค่าเท่ากับศูนย์ เป็นไปตามทฤษฎีของการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสมมาตร

จำลองการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสายเส้นใดเส้นหนึ่งต่อลงดินกำหนดให้เกิดความผิดปกติที่เฟส A ในระบบเริ่มต้นที่เวลา 0 วินาทีเกิดความผิดปกติที่เวลา 0.5 วินาที โดยแสดงในรูปที่ 3 (ก)



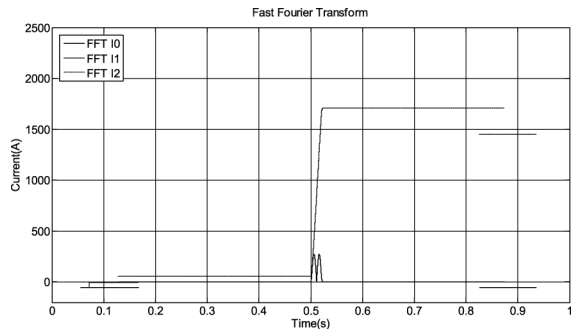
รูปที่ 3 (ก) กระแสเมื่อเกิดการเกิดความผิดปกติในระบบแบบเฟส-ดิน

(ข) องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแส

จากรูปที่ 3 อธิบายการแยกองค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแสในรูปที่ 4 ออกเป็น ลำดับศูนย์, ลำดับบวก, ลำดับลบ โดยใช้อัลกอริทึมแบบปรับตัวเองได้ด้วยโปรแกรม Matlab ที่เวลา 0 วินาที ถึง 0.49 วินาที ระบบเป็นปกติจะวัดได้แต่ลำดับบวกมีค่าประมาณ 56.6A เท่ากับค่าของกระแสในรูปที่ 4 ที่เวลา 0.5 วินาที เกิดการผิดปกติแบบสามเฟสในระบบในช่วงเวลา 1-2 cycle แรกอัลกอริทึมจะพยายามปรับตัวจากสภาวะปกติเป็นสภาวะเกิดการผิดปกติหลังจากนั้นอัลกอริทึมจะเข้าสู่สภาวะคงที่ที่จะเห็นได้ว่ามีแต่ลำดับบวกที่เท่ากับ 1708A เท่ากับค่าของกระแสในรูปที่ 4 และลำดับศูนย์, ลำดับ

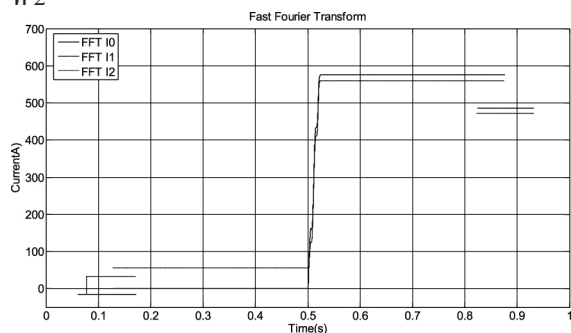
ลบมีค่าใกล้เคียงกับลำดับบวกเป็นไปตามทฤษฎีของการเกิดความผิดปกติในระบบแบบสายเส้นใดเส้นหนึ่งต่อลงดิน

4.2 การเปรียบเทียบกับเทคนิค Fast Fourier Transform (FFT)



รูปที่ 4 องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแสของเทคนิค FFT เมื่อเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าการติดตามองค์ประกอบสมมาตรด้วยเทคนิค FFT นั้นจะมีค่าเท่ากับเทคนิคอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ข้อแตกต่างคือช่วงแรก 200 ค่าแรกหรือประมาณ 1 รอบคลื่น มีค่าเท่ากับ 0 ค่าในช่วงแรกนี้จะต้องเก็บไว้เพื่อคำนวณในช่วงเวลาต่อไป และเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นที่เวลา 0.5 วินาที ค่าจะค่อยๆ ปรับเพิ่มขึ้นการเก็บค่าเพื่อที่จะคำนวณในช่วงแรกเปลี่ยนแปลงไป เทคนิค FFT ใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมากจะดูได้จากตารางที่ 2



รูปที่ 5 องค์ประกอบสมมาตรของกระแสของเทคนิค FFT เมื่อเกิดความผิดปกติแบบเฟส-ดิน

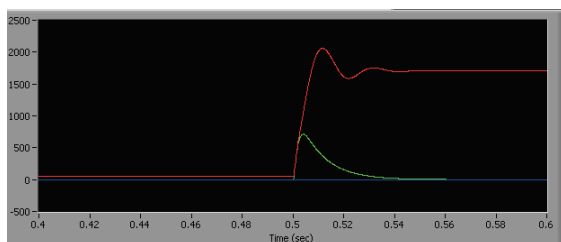
จากรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าการติดตามองค์ประกอบสมมาตรด้วยเทคนิค FFT นั้นมีค่าเท่ากับเทคนิคอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ ข้อแตกต่างคือช่วงแรก 200 ค่าแรกหรือประมาณ 1 รูปลิ้น มีค่าเท่ากับ 0 ค่าในช่วงแรกนี้จะต้องเก็บไว้เพื่อคำนวณในช่วงเวลาต่อไป และเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นที่เวลา 0.5 วินาที ค่าจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นการเก็บค่าเพื่อที่จะคำนวณในช่วงแรกเปลี่ยนแปลงไป เทคนิค FFT ใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมากจะดูได้จากตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบเวลาของทั้ง 2 เทคนิค

การผิดปกติ	อัลกอริทึมปรับตัวเองได้(วินาที)	FFT (วินาที)
3 เฟส	3.058676	74.604329
เฟส-ดิน	2.483633	74.91632
เฟส-เฟส-ดิน	3.290306	79.679923
เฟส-เฟส	4.422047	77.962395
ค่าเฉลี่ย	3.1469294	76.3734592

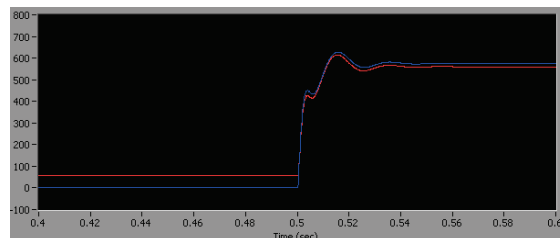
4.3 การทดสอบอัลกอริทึมด้วยโปรแกรม LabVIEW

ในส่วนสุดท้ายของงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม LabVIEW เพื่อทำการประมาณ/ติดตามค่าองค์สมมาตรจากการเก็บข้อมูลจากกริเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แต่การเขียนโปรแกรม LabVIEW นั้นจะเขียนให้ถูกต้องทีเดียวนั้นยาก เพื่อทำความเข้าใจจึงทำการทดสอบและเก็บข้อมูลก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง



รูปที่ 6 องค์ประกอบสมมาตรของกระแสด้วยโปรแกรม LabVIEW เมื่อเกิดความผิดปกติแบบ 3 เฟส

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบสมมาตรที่ได้จากโปรแกรม LabVIEW นั้นมีค่าเท่ากับองค์ประกอบสมมาตรที่ได้จากโปรแกรม Matlab จากรูปที่ 2 (ข) จึงยืนยันได้ว่าการโปรแกรม LabVIEW นั้นถูกต้อง



รูปที่ 7 องค์ประกอบสมมาตรของกระแสด้วยโปรแกรม LabVIEW เมื่อเกิดความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบสมมาตรที่ได้จากโปรแกรม LabVIEW นั้นมีค่าเท่ากับองค์ประกอบสมมาตรที่ได้จากโปรแกรม Matlab จากรูปที่ 3 (ข) จึงยืนยันได้ว่าการโปรแกรม LabVIEW นั้นถูกต้อง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบเวลาของทั้ง 2 โปรแกรม

การผิดปกติ	MATLAB	LABVIEW
3 เฟส	5.517417	0.394
เฟส-ดิน	6.180637	0.394
เฟส-เฟส-ดิน	6.405969	0.386
เฟส-เฟส	8.148571	0.387
ค่าเฉลี่ย	6.4458978	0.3908

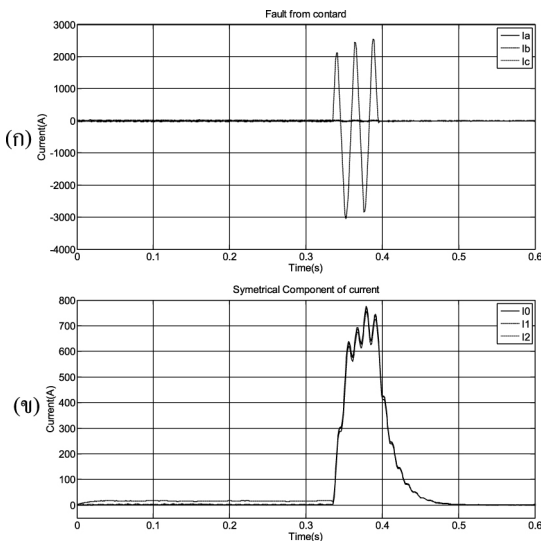
การที่ต้องเก็บข้อมูลของเวลาในการทดสอบอัลกอริทึมนั้นเพื่อการประยุกต์เป็นเครื่องมือแบบเวลาจริง (real time) จะต้องคำนึงถึงเวลาเป็นหลัก อาทิเช่น เครื่องคำนวณหาตำแหน่งผิดปกติ, รีเลย์กระแสเกินแบบ ใช้ องค์ประกอบสมมาตรของกระแสลำดับศูนย์เพื่อนำมาตัดสินใจสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นต้น เครื่องมือเหล่านี้อาศัยความเร็วในการทำงาน ยังใช้ค่าพารามิเตอร์ขององค์ประกอบสมมาตรในการคำนวณทั้งสิ้น

4.4 การติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรจากไฟล์ Contard ที่ได้จากรีเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ในปัจจุบันรีเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้นมีความสามารถมากขึ้นเรื่อยๆ จนในปัจจุบันสามารถพัฒนาจนเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์บนคอมพิวเตอร์ได้ ข้อมูลนี้มีชื่อว่าไฟล์ Contard ข้อมูลนี้จะถูกเก็บไว้ที่ตัวบันทึกในตู้ควบคุมรีเลย์ การนำไฟล์ Contard จะต้องนำคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมดึงข้อมูลไปทำการดึงข้อมูลออกมา เพื่อนำข้อมูลนั้นไปวิเคราะห์ต่อไป

กรณีศึกษาที่จะกล่าวต่อไปนี้จะใช้ไฟล์ Contard จากรีเลย์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็น Input แล้วใช้อัลกอริทึมปรับตัวเองได้เป็นตัวแยกองค์ประกอบสมมาตร

กรณีศึกษาที่ 1 : เป็นการนำไฟล์ Contard จากรีเลย์ของการไฟฟ้ามาทำการติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร



รูปที่ 8 (ก) กระแสเมื่อเกิดการผิดปกติในระบบ

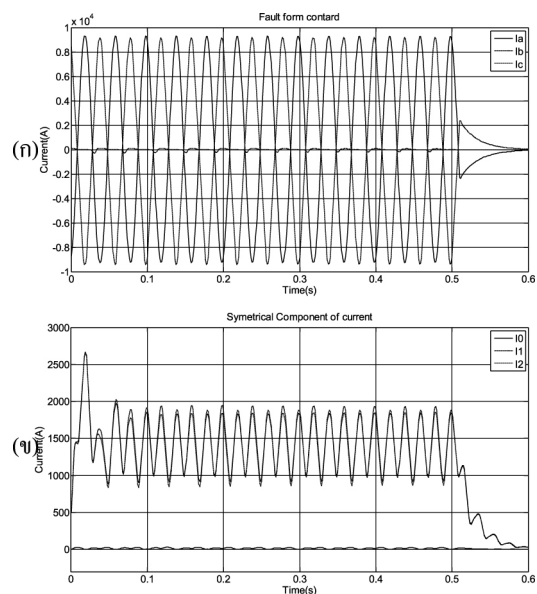
(ข) องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแส

จากรูปที่ 8 (ก) ที่เวลา 0-0.35 วินาที กระแสจะอยู่ในสภาวะปกติเพราะการเก็บค่าของไฟล์ Contard จะเก็บก่อนเกิดความผิดปกติ 5 ลูกคลื่น และหลังจากนั้นที่เวลา 0.35-0.4 วินาที ค่าของความผิดปกติในระบบ จะเห็นได้ว่ากระแสที่เฟส B พุ่งสูงขึ้น หลังจากเวลา 0.4 วินาที

บางกระแสก็ลดลงอย่างมากจนมีค่าเกือบเท่ากับศูนย์เพราะโหนดกำลังปรับตัวเข้าสู่สภาวะปกติอยู่จำเป็นต้องใช้เวลา

จากรูปที่ 8 (ข) จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกที่เวลา 0-0.35 วินาที กระแสจะปกติ ลำดับบวกของกระแสจะมีค่า และ ลำดับศูนย์และลำดับลบ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ในทางทฤษฎี และหลังจากนั้นในช่วงเวลา 0.35-0.4 วินาที เกิดการผิดปกติในระบบขึ้น จะเห็นว่า ลำดับบวก, ลำดับลบและลำดับศูนย์ มีค่าเท่ากัน จึงสรุปได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎี ความผิดปกติแบบ เฟส-ดิน และหลังจากเวลา 0.4 วินาที ระบบอยู่ในสภาวะปรับตัว

กรณีศึกษาที่ 1 : เป็นการนำไฟล์ Contard จากรีเลย์ของการไฟฟ้ามาทำการติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร รีเลย์ตัวนี้จะแตกต่างจากที่ผ่านมาเพราะจะวัดค่าแค่กระแสและเก็บค่าตอนเกิดความผิดปกติเลยไม่มีการเก็บค่าเริ่มต้น



รูปที่ 9 (ก) กระแสเมื่อเกิดการผิดปกติในระบบ

(ข) องค์ประกอบสมมาตรของสัญญาณกระแส

จากรูปที่ 9 (ก) ที่เวลา 0-0.5 วินาทีกระแสเฟส C มีค่าปกติ และเฟส A,B พุ่งสูงขึ้นเท่ากัน และที่เวลา 0.5 วินาทีจะค่อยปรับตัวลดลง

จากรูปที่ 9 (ก) ที่เวลา 0-0.5 วินาที มีค่า ลำดับศูนย์ มีค่าประมาณศูนย์ ลำดับบวกและลำดับลบมีค่าเท่ากัน จึงสรุปได้เกิดการผิดพ้องแบบ ความผิดพ้องแบบ เฟส-เฟส แต่ รูปไม่ราบเรียบเพราะการเก็บค่าของรีเลย์ไม่ละเอียด หลังจากเวลาที่เวลา 0.5 วินาที กระแสจะหายไป

5. สรุป

จากการจำลองติดตาม/ประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตร ทั้ง 5 กรณี จะเห็นได้ว่าการทำงานของอัลกอริทึมปรับตัวเองได้จะติดตามประมาณค่าองค์ประกอบสมมาตรในระบบที่เปลี่ยนแปลงได้โดยใช้เวลาเพียง 0.04 วินาที ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานเพื่อความต้องการของอัลกอริทึมปรับตัวเองได้ กับ FFT ผลคือจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน แม้จะใช้การคำนวณที่แตกต่างกันมาก อัลกอริทึมปรับตัวเองได้นั้นยังเร็วกว่า FFT ถึง 24.2692 เท่าโดยประมาณ และทำการเขียนโปรแกรมเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรม Matlab และ LabVIEW จะเห็นได้ว่าการทำงานของทั้งสองโปรแกรมจะได้ค่าเท่ากัน แต่โปรแกรม LabVIEW เร็วกว่าโปรแกรม Matlab ถึง 16.494109 เท่าโดยประมาณ เพราะการทำงานของโปรแกรม LabVIEW เป็นการคำนวณแบบขนาน ส่วนการคำนวณของโปรแกรม Matlab เป็นการคำนวณค่าทีละบรรทัด สุดท้าย ผู้วิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ใช้งานง่ายสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมสามารถใช้ได้ และกราฟที่สวยงาม และการเก็บข้อมูลเก็บเป็นไฟล์ .csv เพราะไฟล์นี้สามารถใช้โปรแกรม Microsoft Excel อ่านได้เลย และยังโหลดค่าข้อมูลไปยัง Workspace ของโปรแกรม Matlab ได้เลย โดยไม่ต้องแปลงค่าก่อน จากความสามารถข้างต้นสามารถใช้โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือเพื่อติดตามค่าองค์ประกอบสมมาตรได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Wagner, C.F. and Evans, R.D. 1993. Symmetrical Components. New York :McGraw-Hill
- [2] M. S. Sachdev and M. Nagpal, "A recursive least error squares algorithm for power system relaying and measurement applications," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 6, pp. 1008–1015, July 1991.
- [3] P. K. Dash, D. P. Swain, A. C. Liew, and S. Rahman, "An adaptive linear combiner for on-line tracking of power system harmonics," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 11, pp. 1730–1735, Nov. 1996.
- [4] S. A. Soliman and M. E. El-Hawary, "Application of Kalman filtering for online estimation of symmetrical components for power system protection," *Elect. Power Syst. Res.*, vol. 38, pp. 113–123, 1997.
- [5] A. A. Girgis, W. Chang, and E. B. Makram, "Analysis of high-impedance fault generated signals using a Kalman filtering approach," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 5, pp. 1714–1724, Oct. 1990.
- [6] K. M. El-Naggar, "A fast method for identification of symmetrical components for power system protection," *Int. J. Elect. Power Energy Syst.*, vol. 23, pp. 813–817, 2001.
- [7] Blackburn, J.L. 1993. Symmetrical Components for Power Systems Engineering. New York : Marcel Dekker Inc.
- [8] B. Window and M.A. Lehr, "30 Years of Adaptive Neutral networks: Perception, madaline and back propagation", *Proc. IEEE*. Vol.78, pp.1415-1442, Sept. 1990.
- [9] E. Elmitwally, S. Abdelkader, and M. El-Kateb, "Neural network controlled three-phase four-wire shunt active power filter," in *Proc. Inst. Elect. Eng., Gen., Transm., Dist.*, vol. 47, Mar. 2000, pp. 87–92.

การวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค
Analysis of Optimal Allocation of FACTS Devices in Radial Distribution Systems by Using
Particle Swarm Optimization Method

จักรินทร์ วิเศษยา¹ และกฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์²

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค การติดตั้ง FACTS เข้าไปในระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อต้องการปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง การวิเคราะห์จะใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส ของมาตรฐาน IEEE ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟรวมของโหลดเท่ากับ 3.72 MW และ 2.3 MVar โดยใช้กำลังไฟฟ้าปรากฏฐานเท่ากับ 10 MVA และแรงดันไฟฟ้าฐานเท่ากับ 12.66 kV กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบจะตั้งอยู่ที่ 221.4346 kW และ 150.1784 kVar การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าจะใช้การคำนวณกระแสแบบย้อนกลับและการคำนวณแรงดันไฟฟ้าแบบไปข้างหน้าและใช้เทคนิคการหาตำแหน่งที่เหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาค ภายใต้เงื่อนไขเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลังที่สภาวะโหลดคงที่ ผลการจำลองการทำงานพบว่าแรกเริ่มขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่ 1 มีค่าเท่า 0.98 p.u. ส่วนบัสอื่นๆ ที่อยู่ไกลออกไปแรงดันไฟฟ้าที่บัสจะลดลงโดยเฉพาะที่บัส 33 ซึ่งเป็นบัสปลายสายจะเป็นบัสอ่อนแอที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.881373 p.u. หลังจากใช้เทคนิคการหาค่าความเหมาะสมแล้ว ทำให้ได้ขนาดและตำแหน่งติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสม คือ บัสที่ 12 เมื่อติดตั้ง SVC ขนาด 2.4431 MVA และติดตั้ง STATCOM ขนาด 2.4939 MVA เข้าไปที่บัส 12 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสดีขึ้น ระบบมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ดีขึ้นเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งหากเปรียบเทียบกันระหว่าง FACTS ทั้ง 2 ชนิด การติดตั้ง SVC มีความเหมาะสมมากกว่าการติดตั้ง STATCOM เนื่องจากใช้ขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏที่เล็กกว่า แต่สามารถลดกำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียได้ 27.54% และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสีย 43.17% ซึ่งมากกว่า STATCOM ที่สามารถลดกำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียได้ 27.12% และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสีย 41.60% บทความนี้ช่วยให้เข้าใจหลักการวิเคราะห์และเทคนิคการออกแบบระบบชดเชยกำลังไฟฟ้าเพื่อใช้แก้ปัญหาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลังที่ติดตั้ง SVC และ STATCOM เข้าไปในระบบ และเป็นแนวทางในการวิเคราะห์และพัฒนาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า กำลังเพื่อรองรับการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านพลังงานของประเทศในอนาคต

คำสำคัญ : ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล, FACTS, การหาตำแหน่งที่เหมาะสม, วิธีกลุ่มอนุภาค

¹นักศึกษานิเทศศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Abstract

This paper proposes the analysis of optimal allocation analysis of FACTS devices using particle swarm optimization method (PSO). FACTS device is the compensation device that can inject the real and active power into the power system in order to improve the voltage stability and power system reliability. The analysis uses the IEEE 33 buses radial distribution system (RDS) for testing system. The total real and reactive power is 3.72 MW and 2.3 MVar, respectively and uses Base MVA is 10 MVA and Base kV is 12.66 kV. The original real and reactive power loss is 221.4346 kW and 150.1784 kVar, respectively. The load flow analysis on distribution use backward-forward sweep methodology and optimization technique by using PSO method. The simulation results show that the original voltage at bus 1 is 0.98 p.u.. The weak bus is occurred at bus 33 0.881317 p.u.. After used the optimization technique, the size of SVC and STATCOM with 2.4431 MVA and 2.4939 MVA, respectively, The power loss is the installed at bus 12 decreased and the voltage bus is increased. The comparison between SVC and STATCOM installation, SVC have aspect appropriate more installed STATCOM. Aspect weak decreased real and reactive power loss 27.54% and 43.17%. STATCOM decreased real and reactive power loss to 27.12% and 41.60%. This paper results show solve the voltage stability of power system after installed SVC and STATCOM. The guideline to support the development of energy technology in the future.

Keywords : Radial Distribution Systems, FACTS, Optimal Allocation, PSO Method

1. บทนำ

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เนื่องจากเป็นระบบที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างความต้านทานกับความต้านทานเหนี่ยวนำค่อนข้างสูง ทั้งยังเป็นระบบที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำและมีกระแสไหลในสายมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า [1] ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นระบบที่เชื่อมต่อระหว่างระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟฟ้าถือเป็นระบบที่มีความสำคัญ เพราะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรงเมื่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าสูงจะส่งผลกระทบต่อระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้านั้น ทำให้ต้องเพิ่มการลงทุนเพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนหาวิธีปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย การปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียนั้นมีหลายวิธี เช่น การจัดเรียงโครงสร้างการจ่ายไฟของระบบไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเป็นวิธีการปรับเปลี่ยนรูปแบบ

การจ่ายไฟโดยการหาตำแหน่งเปิดและปิดสวิตช์ถ่ายโอน [2] การติดตั้งหม้อแปลงปรับระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีการเดินสายป้อนของระบบจำหน่ายค่อนข้างไกล เป็นการแก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกที่ปลายสาย การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าในจุดที่มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าสูง [3] การติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบ [4] และการติดตั้งอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่น (Flexible AC Transmission System, FACTS) เพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบ และแก้ปัญหาตัวประกอบกำลัง [5] ปัจจุบันการวางแผนติดตั้ง FACTS ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่าง โดยวิธีที่ใช้วิเคราะห์ปัญหานี้ได้มีการนำเสนอหลายวิธี เช่น วิธีกลุ่มอนุภาคได้รับความนิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมทางด้านการระบบไฟฟ้ากำลังมากขึ้น เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของระบบ

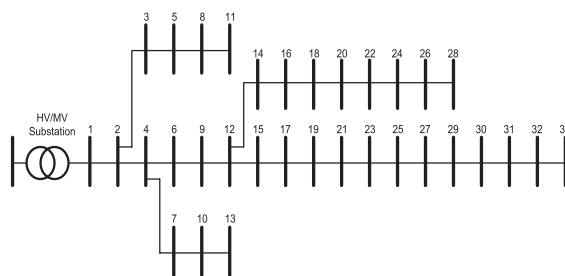
ไฟฟ้ากำลัง เนื่องจากมีอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบที่ง่ายต่อการศึกษาทำความเข้าใจและสามารถค้นหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นในบทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย ซึ่งเลือกอุปกรณ์ FACTS 2 ชนิด คือ (Static VAR Compensator, SVC) และ (Static Synchronous Compensator, STATCOM) เพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าระบบและแก้ปัญหาตัวประกอบกำลัง เป็นการแก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตก ทำให้ระบบมีเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ยั่งยืน

องค์ประกอบของการนำเสนอบทความนี้ประกอบด้วย ลำดับแรกจะกล่าวถึงระบบจำหน่ายแบบเรเดียล การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ปัญหาการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด วิธีกลุ่มอนุภาค อุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่น FACTS สุดท้ายจะกล่าวถึงบทสรุปและข้อเสนอแนะต่างๆ สำหรับงานวิจัยลำดับต่อไป

2. ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล (Radial Distribution Systems)

ระบบจำหน่ายแบบเรเดียลเป็นโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ง่ายที่สุด ที่มีการจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านสายจำหน่ายเพียงด้านเดียว โดยที่พลังงานไฟฟ้าจะไหลไปในทิศทางเดียวกันจากสถานีไฟฟ้าไปยังโหลดภาระการใช้งาน การวางแผนใช้ระบบจำหน่ายนี้หากมีโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในอนาคตก็สามารถที่จะเพิ่มระบบจำหน่ายแบบเรเดียลให้กลายเป็นระบบจำหน่ายแบบรูปได้ หรือระบบจำหน่ายแบบร่างแหต่อไปได้ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียลนิยมใช้สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ทั่วไปหรือในชนบท เนื่องจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าประเภทที่ลงทุนต่ำมีการป้องกันระบบง่าย ๆ และลักษณะของการวางสายแบบนี้สามารถเข้าใจได้ง่าย ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส ของมาตรฐาน IEEE มีกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟรวมของโหลดเท่ากับ 3.72 MW และ 2.3 MVar ตามลำดับ โดยใช้กำลังไฟฟ้าปรากฏฐานเท่ากับ 10 MVA และแรงดันไฟฟ้าฐาน

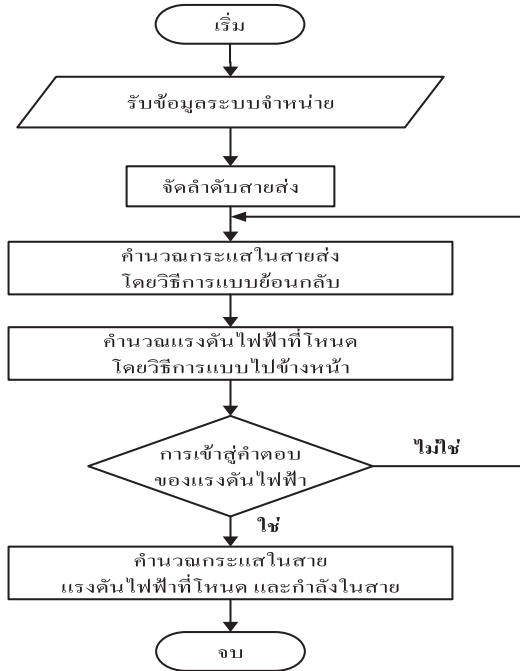
เท่ากับ 12.66 kV กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียรวมในระบบจะตั้งอยู่ที่ 221.4346 kW และ 150.1784 kVar ตามลำดับ บัสที่ 1 เป็นโหนดจ่ายที่เชื่อมต่อกับระบบส่งโดยผ่านสถานีย่อย การเชื่อมต่อโหนดสาขาจะเริ่มเชื่อมต่อจากบัสที่ 1 ไปยังบัสที่ 2 แล้วต่อไปยังโหนดสาขาอื่นๆ ต่อไป แผนภาพเส้นเดียวของแบบจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส ของมาตรฐาน IEEE แสดงดังรูปที่ 1 [6]



รูปที่ 1 แผนภาพเส้นเดียวของแบบจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส ของมาตรฐาน IEEE

3. การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า (Calculation of Power Flow)

การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย จะมีความซับซ้อนน้อยกว่าในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เพราะในระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นระบบเรเดียล แต่ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าจะเป็นระบบโครงข่ายอีกประการหนึ่งพารามิเตอร์สายในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าจะประกอบด้วย ความต้านทาน ความเหนี่ยวนำ และความจุ แต่ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะพิจารณาเพียงแค่ความต้านทานและความเหนี่ยวนำของสายเท่านั้น การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยการใช้เมทริกซ์จาคอบีเยน เช่น นิวตันราฟสัน โหลด หรือ เกาส์เซเคิลนั้น ไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ปัญหาการไหลของกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่บางครั้งเกิดปัญหาเกี่ยวกับลู่เข้าสู่คำตอบ ดังนั้นบทความนี้จะนำเสนอเทคนิคการคำนวณการไหลของกำลังด้วยวิธีการคำนวณกระแสแบบย้อนกลับและแรงดันไฟฟ้าแบบไปข้างหน้า [7] (Current Backward Sweep and Voltage Forward Sweep) โดยมีลำดับขั้นตอนวิเคราะห์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า
ด้วยวิธีแบบย้อนกลับและไปข้างหน้า

3.1 การคำนวณกระแสแบบย้อนกลับ (Current Backward Sweep):KCL

โดยจะเริ่มจากกระแสที่โหนดจะมีค่า ดังสมการที่ (1) [8]

$$I_i^{(k)} = \left(\frac{S_i}{V_i^{(k-1)}} \right)^* - Y_i V_i^{(k-1)} \quad (1)$$

เมื่อ S_i เป็นกำลังที่โหนด i ($S_i = P_i \pm jQ_i$), Y_i เป็นผลรวมของแอดมิตแตนซ์ส่วนลงดินทั้งหมดที่โหนด i , $V_i^{(k-1)}$ เป็นแรงดันไฟฟ้าที่โหนด i ณ รอบ คำนวณที่ $k-1$

การคำนวณกระแสจะเริ่มให้ขนาดแรงดันไฟฟ้าเป็น 1.0 p.u. และมุมแรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์ที่ทุกๆ โหนด ส่วนของการคำนวณกระแสในสายจะเริ่มจาก การคำนวณที่เรียกว่า การแพร่กระจายถอยหลัง โดยที่รอบคำนวณที่ k จะคำนวณกระแส J ในสายที่สุดท้ายเรื่อยเข้าสู่รูตโหนดหรือ รูตบัส โดยกระแสที่สาย L หาได้จากสมการที่ (2)

$$J_L^k = -I_{L2}^k + \sum (\text{กระแสในสายที่พุ่งจากโหนด } L_2) \quad (2)$$

3.2 การคำนวณแรงดันไฟฟ้าแบบไปข้างหน้า (Voltage Forward Sweep):KVL

เริ่มต้นจากบัสอ้างอิงรูตโหนด หรือ รูตบัส โดยที่ค่าแรงดันไฟฟ้ากำหนดให้มีค่าคงที่และเฟสเป็นศูนย์ ส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าและมุมเฟสของแรงดันไฟฟ้าที่บัสอื่นๆ ถัดจากบัสอ้างอิงในรอบคำนวณที่ k จะถูกคำนวณค่าแรงดันที่บัสเรื่อยไปสู่บัสสุดท้าย ดังสมการที่ (3)

$$V_{L2}^{(k)} = V_{L1}^{(k)} - Z_L J_L^k \quad (3)$$

เมื่อ Z_L เป็นค่าอิมพีแดนซ์อนุกรมของสายส่งช่วง L ระหว่างโหนด L_2 และ L_1 , L_2 เป็นโหนดปลายทาง, L_1 เป็นโหนดต้นทาง, J เป็นกระแสในสาย และ k เป็นรอบการคำนวณ

3.3 การเข้าสู่ค่าตอบของแรงดันไฟฟ้า

การคำนวณค่ากระแสแบบย้อนกลับและการคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าแบบไปข้างหน้าจะกระทำในลักษณะเวียนซ้ำ ในแต่ละรอบการคำนวณจะตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัส ดังสมการที่ (4)

$$\Delta V_j^{(k)} = V_j^{(k)} - V_j^{(k-1)} \quad (4)$$

เมื่อ $\Delta V_j^{(k)}$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันไฟฟ้าที่พอยอมรับได้ที่บัส j หลังจากการคำนวณในรอบที่ k , $V_j^{(k)}$ เป็นแรงดันไฟฟ้าที่บัส j ในรอบการคำนวณที่ k และ $V_j^{(k-1)}$ เป็นแรงดันที่บัส j ในรอบการคำนวณที่ $k-1$

การเข้าสู่ค่าตอบของแรงดันไฟฟ้าอาจหาได้จากผลต่างของค่าอื่น ๆ ดังสมการที่ (5)

$$\left\{ \begin{array}{l} |\text{Re}(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \\ |\text{Im}(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \\ |(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \end{array} \right\} \quad (5)$$

เมื่อ ε เป็นค่าความคลาดเคลื่อนหรือ mismatch ที่ยอมรับได้

4. ปัญหาการไหลกำลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุด (Problem of Optimal Power Flow)

4.1 สมการรูปแบบปัญหา

เป็นการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าในสถานะคงที่[9]โดยพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ร่วมกับขอบเขตเงื่อนไขบังคับที่เป็นตัวแปรควบคุม โดยมีรูปแบบทั่วไปดังสมการที่ (6) สมการที่ (7) และสมการที่ (8)

$$\text{Max / Minimize } f(x) \quad (6)$$

$$\text{Subject to } g(x) = 0, \text{ เงื่อนไขสมการ (7)}$$

$$h(x) = 0, \text{ เงื่อนไขอสมการ (8)}$$

การแปลงเงื่อนไขสมการและอสมการให้เป็นพจน์ปรับโทษ และนำไปรวมกับสมการวัตถุประสงค์เดิม จะได้ฟังก์ชันปรับโทษและเทอมปรับโทษ ดังสมการที่ (9) และสมการที่ (10)

$$P(x) = f(x) + X(x) \quad (9)$$

$$X(x) = \rho \left\{ g^2(x) + [\max(0, h(x))]^2 \right\} \quad (10)$$

โดยที่ $P(x)$ คือ ฟังก์ชันปรับโทษ, $X(x)$ คือ เทอมปรับโทษ และ ρ คือ ตัวประกอบการปรับโทษ

4.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีหลายปัญหาที่นิยมนำมาพิจารณา เช่น การจ่ายโหลดอย่างประหยัด การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ในบทความนี้ใช้การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งแสดงดังสมการที่ (11)

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^{N_L} g_{i,j} \{V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\delta_i - \delta_j)\} \quad (11)$$

โดยที่ P_{loss} คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งทั้งหมด, N_L คือ จำนวนสายส่งทั้งหมด, V_i คือ ขนาดแรงดันไฟฟ้าบัสที่ i , V_j คือ ขนาดแรงดันไฟฟ้าบัสที่ j , δ_i คือ มุมแรงดันไฟฟ้าบัสที่ i , δ_j คือ มุมแรงดันไฟฟ้าบัสที่ j และ $g_{i,j}$ คือ ความนำไฟฟ้าจากบัส i ไปยังบัส j

4.3 ระบบเงื่อนไขบังคับ (Constraints)

ตัวแปรปรับตั้งในบทความนี้คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตจากโรงจักรไฟฟ้า ขนาดแรงดันไฟฟ้าถูกควบคุมโดยสถานีไฟฟ้า แทปหม้อแปลงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ โดยจะทำการปรับตั้งตัวแปรเหล่านี้เพื่อให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งน้อยที่สุด และยังคงอยู่ในช่วงขีดจำกัดของตัวแปรแต่ละตัว โดยมีตัวแปรที่ต้องการควบคุมตามคือ พิกัดการไหลกำลังไฟฟ้าของสายส่ง พิกัดช่วงขนาดแรงดันไฟฟ้าทุกบัสในระบบ เพื่อให้ระบบไฟฟ้าทำงานอยู่ในสถานะปกติ ระบบเงื่อนไขบังคับทั้งเงื่อนไขสมการและอสมการแสดงดังต่อไปนี้

1) เงื่อนไขบังคับสมการเป็นสมการการไหลกำลังไฟฟ้า (Equality Constraints) ดังสมการที่ (12) และสมการที่ (13)

$$P_{G,i} - P_{D,i} - \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{i,j}| \cos(\theta_{i,j} - \delta_i + \delta_j) = 0 \quad (12)$$

$$Q_{G,i} - Q_{D,i} + \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{i,j}| \sin(\theta_{i,j} - \delta_i + \delta_j) = 0 \quad (13)$$

โดยที่ $P_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงผลิตที่บัส i , $P_{D,i}$ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i , $Q_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟผลิตที่บัส i , $Q_{D,i}$ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่บัส i , N_B คือ จำนวนบัส, $\theta_{i,j}$ คือ มุมแอดมิตแตนซ์บัส i ไปยังบัส j , $Y_{i,j}$ คือ ขนาดแอดมิตแตนซ์บัส i ไปยังบัส j

2) เงื่อนไขบังคับอสมการเป็นขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการปรับตั้ง (Un Equality Constraints) ดังสมการที่ (14) - (17)

$$V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max} \quad (14)$$

$$T_i^{\min} \leq T_i \leq T_i^{\max} \quad (15)$$

$$P_{G,i}^{\min} \leq P_{G,i} \leq P_{G,i}^{\max} \quad (16)$$

$$Q_{comp,i}^{\min} \leq Q_{comp,i} \leq Q_{comp,i}^{\max} \quad (17)$$

โดยที่ $V_i^{\min}, V_i^{\max}$ คือ ขอบเขตแรงดันต่ำสุดและสูงสุด, $T_i^{\min}, T_i^{\max}$ คือ ขอบเขตเทปหม้อแปลงต่ำสุดและสูงสุด, $P_{G,i}^{\min}, P_{G,i}^{\max}$ คือ ขอบเขตของกำลังไฟฟ้าจริงต่ำสุดและสูงสุด และ $Q_{comp,i}^{\min}, Q_{comp,i}^{\max}$ คือ ขอบเขตกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟต่ำสุดและสูงสุด

ดังนั้นฟังก์ชันปรับโทษสามารถเขียนได้ตามสมการที่ (18)

$$P(x) = P_{loss} + X_P + X_Q + X_C + X_T + X_V + X_G \quad (18)$$

$$X_P = \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ P_{G,i} - P_{D,i} - \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{i,j}| \cos(\theta_{i,j} - \delta_i + \delta_j) \right\}^2 \quad (19)$$

$$X_Q = \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ Q_{G,i} - Q_{D,i} + \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{i,j}| \sin(\theta_{i,j} - \delta_i + \delta_j) \right\}^2 \quad (20)$$

$$X_C = \rho \sum_{i=1}^{N_C} \left\{ \max(0, Q_{comp,i} - Q_{comp,i}^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_C} \left\{ \max(0, Q_{comp,i}^{\min} - Q_{comp,i}) \right\}^2 \quad (21)$$

$$X_T = \rho \sum_{i=1}^{N_T} \left\{ \max(0, T_i - T_i^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_T} \left\{ \max(0, T_i^{\min} - T_i) \right\}^2 \quad (22)$$

$$X_V = \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ \max(0, V_i - V_i^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ \max(0, V_i^{\min} - V_i) \right\}^2 \quad (23)$$

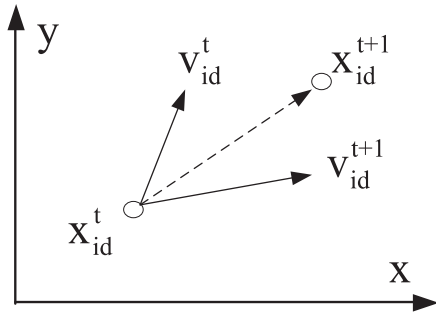
$$X_G = \rho \sum_{i=1}^{N_G} \left\{ \max(0, P_{G,i} - P_{G,i}^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_G} \left\{ \max(0, P_{G,i}^{\min} - P_{G,i}) \right\}^2 \quad (24)$$

เมื่อ N_G คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ, N_C คือ จำนวนตัวอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในระบบ, N_T คือ จำนวนของหม้อแปลงที่ติดตั้งในระบบ และ N_B คือ จำนวนบัส

5. วิธีกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization Method)

วิธีกลุ่มอนุภาคนี้มีต้นกำเนิดมาจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่ง ที่สนใจและสังเกตเกี่ยวกับพฤติกรรมของการอยู่ร่วมกันเป็นฝูง หรือ การอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มของสัตว์ต่างสายพันธุ์มากมายหลายชนิด สัตว์บางสายพันธุ์มีพฤติกรรมของการอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มที่น่าสนใจคือการอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลา และฝูงแมลง ความน่าสนใจของพฤติกรรมของสัตว์เหล่านี้คือการปรับตัวในการอยู่ร่วมกันในกลุ่มโดยไม่ต้องมีผู้นำมาคอยควบคุม สังคมการอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มของสัตว์เหล่านี้อาศัยการปรับตัวด้วยตัวเองตามสภาพแวดล้อม โดยอาศัยการเรียนรู้คุณลักษณะที่เหมาะสมของการอยู่ร่วมกันภายในกลุ่ม เริ่มต้นจากปฏิสัมพันธ์ของอนุภาคต่ออนุภาคในกลุ่มย่อยรวมไปเป็นกลุ่มใหญ่

จากพฤติกรรมที่น่าสนใจนี้ ในปี 1995 อัลกอริทึมในการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธีกลุ่มอนุภาคจึงถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Kennedy และ Eberhart [10] การหาค่าตอบจะอาศัยทฤษฎีการเคลื่อนที่ในการหาอาหารและอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลา และฝูงแมลง อัลกอริทึมของวิธีกลุ่มอนุภาคเป็นอัลกอริทึมที่ปรับตัวเองบนพื้นฐานของการเรียนรู้สถานการณ์และใช้ข้อมูลร่วมกัน อนุภาคที่อยู่ภายในกลุ่มจะปรับเปลี่ยนตำแหน่งโดยการอาศัยการเรียนรู้จากอนุภาคข้างเคียงที่อยู่ในตำแหน่งที่ให้ค่าที่ดีกว่าจนกระทั่งแต่ละอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม จะไม่มีการเคลื่อนที่ การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค

อัลกอริทึมที่สำคัญในการปรับตำแหน่งแสดงได้ตามสมการที่ (25) และสมการที่ (26) โดยสมการที่ (25) แสดงถึงความเร็วในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค และสมการที่ (26) แสดงถึงตำแหน่งใหม่ของอนุภาคหลังปรับเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว

$$v_{id}^{t+1} = w^* v_{id}^t + rand_1() * c_1 * (pbest_{id} - x_{id}^t) + rand_2() * c_2 * (gbest_d - x_{id}^t) \quad (25)$$

$$x_{id}^{t+1} = x_{id}^t + v_{id}^{t+1} \quad (26)$$

โดยที่ x_{id}^t คือ ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t , x_{id}^{t+1} คือ ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$, v_{id}^t คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t , v_{id}^{t+1} คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$, $rand_1()$, $rand_2()$ คือ ตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1, $pbest_{id}$ คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ของตัวแปร d , $gbest_d$ คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดในทุกๆ อนุภาคของตัวแปร d , c_1 , c_2 คือ ค่าคงที่ความเร่งมีผลต่อความเร็วในการเข้าสู่ค่าตอบโดย c_1 มีผลต่อการเข้าสู่ค่าตอบที่ดีของตำแหน่งในปัจจุบันและ c_2 มีผลต่อการเข้าสู่ค่าตอบที่ดีที่สุดของตำแหน่งในปัจจุบัน การกำหนดค่าคงที่ทั้งสองนี้มีความสำคัญโดยปกติจะกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4 การกำหนดค่าตัวแปรในวิธีกลุ่มอนุภาคมีความสำคัญในการเข้าสู่ของค่าตอบดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับปัญหาดังนี้ และ w คือ

ค่าถ่วงน้ำหนักจะทำให้ค่าตอบมีความหลากหลายไม่ตกอยู่กับค่าตอบเฉพาะที่ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมจะทำให้การค้นหาค่าตอบมีความสมดุลระหว่างการหาค่าตอบเฉพาะที่และการค้นหาค่าตอบจากขอบเขตทั้งหมดซึ่งจะทำให้รอบในการค้นหาค่าตอบน้อยลงโดยทั่วไปขอบเขตของค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะถูกกำหนดอยู่ระหว่าง 0.4 กับ 0.9 โดยสมการในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักนี้ แสดงได้ตามสมการที่ (27)

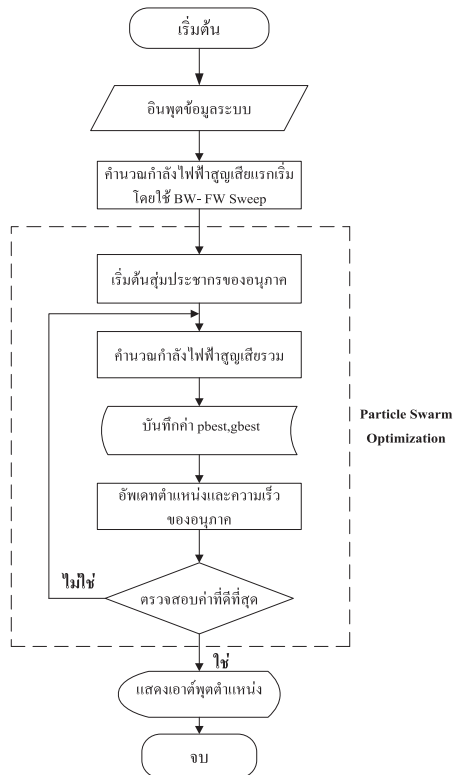
$$w = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{k} t \quad (27)$$

โดยที่ $w_{\min}$, $w_{\max}$ คือ ขอบเขตล่างและขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก, t คือ รอบการคำนวณปัจจุบัน และ k คือ รอบการคำนวณทั้งหมด

ขั้นตอนของวิธีกลุ่มอนุภาคดังรูปที่ 4 มีรายละเอียดลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. รับข้อมูลสาขา ข้อมูลบัส และขอบเขตของแรงดันไฟฟ้าที่บัส
2. คำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยใช้การไหลของโหนด โดยคำนวณกระแสแบบย้อนกลับและคำนวณแรงดันไฟฟ้าแบบไปข้างหน้า
3. สุ่มประชากรเริ่มต้นของอนุภาคกับสุ่มตำแหน่งและสุ่มความเร็วในการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของอนุภาคโดยตั้งค่ารอบตัวนับซ้ำ $k = 0$
4. แต่ละอนุภาคหากแรงดันบัสอยู่ในขอบเขตที่กำหนด การคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดจะอยู่ในสมการที่ (11)
5. แต่ละอนุภาคเปรียบเทียบค่าเป้าหมายกับอนุภาคที่ดีที่สุด ถ้าค่าเป้าหมายต่ำกว่า $pbest$ ให้กำหนดค่าปัจจุบันนี้เป็น $pbest$ และบันทึกตำแหน่งของอนุภาคที่สอดคล้องกัน
6. เก็บค่าที่ดีที่สุดของแต่ละอนุภาคไว้ในตัวแปร $pbest$ และเก็บค่าที่ดีที่สุดของอนุภาคทั้งหมดไว้ในตัวแปร $gbest$
7. ปรับปรุงความเร็วและตำแหน่งของอนุภาคโดยใช้สมการที่ (25) และ (26) ตามลำดับ
8. ถ้าจำนวนรอบถึงขีดจำกัดสูงสุดให้ไปที่ขั้นตอนที่ 9 ถ้าไม่เช่นนั้นให้ตั้งค่ารอบ $k = k + 1$ และกลับไปยังขั้นตอนที่ 4

9. แสดงผลฟังก์ชันเป้าหมายที่ดีที่สุดสำหรับตำแหน่งที่เหมาะสมที่จะติดตั้ง FACTS และเพื่อให้สอดคล้องกับระบบมีกำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียรวมต่ำที่สุด



รูปที่ 4 ขั้นตอนของวิธีกุ่มอนุภาค

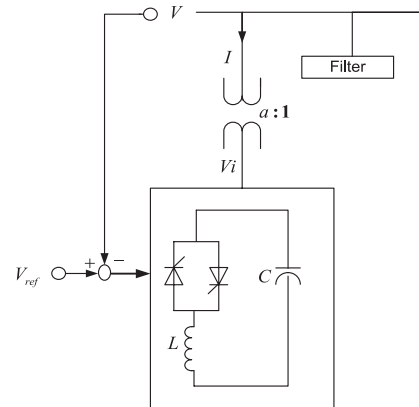
6. อุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้าแบบยึดหยุ่น (FACTS)

6.1 Static VAR Compensator (SVC)

SVC ติดตั้งขนานกับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า รักษาแรงดันให้อยู่ในระดับคงที่หรือใกล้เคียง [11] ภายใต้ภาวะการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ของโหลด แก้ไขการเปลี่ยนแปลงแรงดันเนื่องจากเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ปรับปรุงเสถียรภาพแรงดัน ณ จุดสำคัญ เช่น จุดกึ่งกลางของสายส่งระยะไกลช่วยลดการปรับปรุงแคมป์ของระบบ ช่วยปรับปรุงค่าประกอบกำลัง แก้ไขปัญหาเฟสไม่สมดุล ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ชนิด คือ

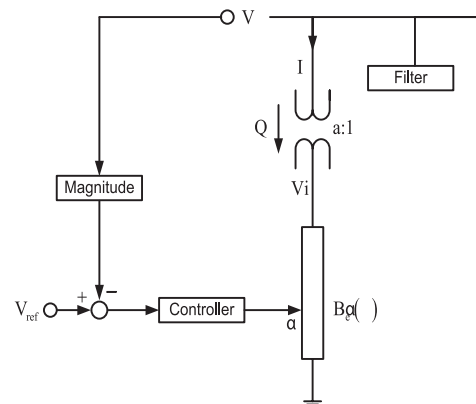
1) ไทริสเตอร์คอนโทรลรีแอคเตอร์ (TCR Thyristor Controlled Reactor) และตัวเหนี่ยวนำ จะใช้ไทริสเตอร์ควบคุมรีแอคเตอร์

2) ไทริสเตอร์สวิตช์คาปาซิเตอร์ (TSC Thyristor Switched Capacitor) และตัวเก็บประจุคงที่ (FC Fixed Capacitor) หรือเรียกรวมว่า TSC / FC ตัวเก็บประจุคงที่จะใช้การสวิตช์ทางกลลักษณะโครงสร้างพื้นฐานและแบบจำลองของ SVC แสดงดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ตามลำดับ



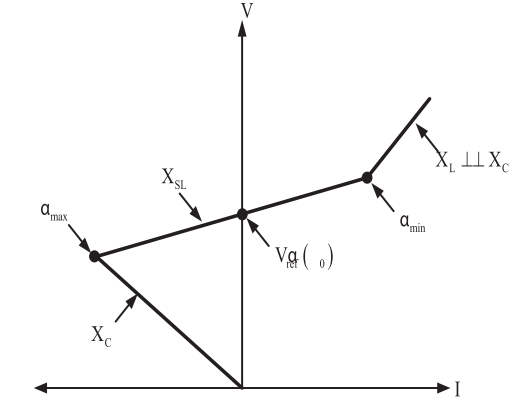
รูปที่ 5 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของ SVC

SVC สามารถควบคุมตัวเหนี่ยวนำที่ต่อขนานและตัวเก็บประจุที่ต่อขนานได้ดังรูปที่ 5 โดย SVC จะสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสในระบบไฟฟ้ากำลังได้ และจากรูปที่ 6 SVC จะใช้การควบคุมมุมจุดชนวนของไทริสเตอร์รับ หรือ จ่าย กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ มุมจุดชนวนจะอยู่ในช่วงระหว่าง 90° - 180°



รูปที่ 6 แบบจำลองของ SVC

คุณลักษณะเฉพาะแรงดันและกระแสไฟฟ้าของ SVC แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 คุณลักษณะเฉพาะแรงดันและกระแสของ SVC

การทำงานของ SVC ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่บัส ส่วนขอบเขตของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของ SVC จะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ ที่จุด $\alpha_{\min}$ คือ ตำแหน่งที่ไทรสเตอร์ควบคุมตัวเหนี่ยวนำทำงานรับค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟจากระบบตามพิคคของตัวเหนี่ยวนำ และที่จุด $\alpha_{\max}$ คือ ตำแหน่งที่สวิตช์ไทรสเตอร์ควบคุมตัวเก็บประจุทำงานจ่ายค่ากำลังไฟฟ้รีแอกทีฟตามขนาดพิคคของตัวเก็บประจุ ส่วนประกอบในการควบคุมของ SVC สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการเชิงอนุพันธ์ได้ ดังสมการที่ (28) และสมการที่ (29)

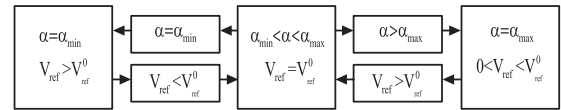
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_c \\ \dot{\alpha} \end{bmatrix} = f(x_c, \alpha, V, V_{ref}) \quad (28)$$

$$0 = \underbrace{\begin{bmatrix} B_e - \frac{2\alpha - \sin 2\alpha - \pi(2 - X_L / X_C)}{\pi X_L} \\ I - V_i B_e \\ Q - V_i^2 B_e \end{bmatrix}}_{g(\alpha, V, V_i, I, Q, B_e)} \quad (29)$$

จากสมการที่ (28) และสมการที่ (29) แบบจำลองของ SVC ในสภาวะคงตัว สามารถเขียนแทนได้ ดังสมการที่ 30

$$0 = \begin{bmatrix} V - V_{ref} - X_{SL} I \\ g(\alpha, V, V_i, I, Q, B_e) \end{bmatrix} \quad (30)$$

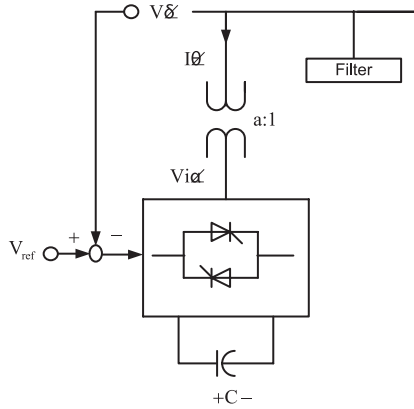
ขอบเขตการควบคุมของ SVC คือ การควบคุมค่าของมุมจุดชนวนไทรสเตอร์ ซึ่งอยู่ในช่วง $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_{\max}$ เมื่อ $\alpha_{\min}$ และ $\alpha_{\max}$ คือ มุมจุดชนวนน้อยที่สุดและมุมจุดชนวนมากที่สุดตามลำดับถ้าไม่รู้วิธีหาขอบเขตมุมจุดชนวนให้กำหนดมุมจุดชนวนให้คงที่และเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิง V_{ref} วิธีการของการจัดการควบคุมขอบเขต แสดงดังรูปที่ 8



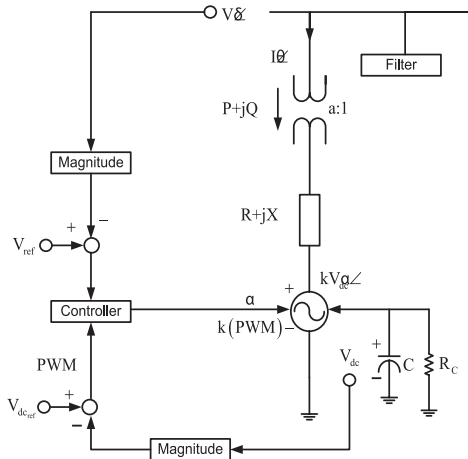
รูปที่ 8 การจำกัดขอบเขตการควบคุมในแบบจำลองสภาวะคงตัวของ SVC

6.2 Static Synchronous Compensator (STATCOM)

STATCOM มีลักษณะคล้ายกันกับซิงโครไนส์คอนเดนเซอร์ แต่ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังและมีหม้อแปลงเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ปรับเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากับบัส สามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสโดยการควบคุมการจ่าย หรือ รับ กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟจากระบบไฟฟ้ากำลัง [12] เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อในลักษณะขนานเข้ากับระบบ โดยใช้หลักการของโซลิตสเททคอนเวอร์เตอร์ ทำการแลกเปลี่ยนกำลังงานเสมือนกับระบบจำหน่าย STATCOM จะใช้อินเวอร์เตอร์ 3 เฟสในการส่งผ่านกำลังงานเสมือน แบบนำ หรือ แบบตาม ให้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยผ่านทางหม้อแปลงคัปปลิง ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของ STATCOM ประกอบด้วย แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากวงจรแปลงผัน โดยวงจรแปลงผันจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ควบคุมระดับความถี่ให้เท่ากับระบบที่เชื่อมต่อ และชดเชยค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟตามความต้องการของระบบ ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานและแบบจำลองของ STATCOM แสดงดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ตามลำดับ

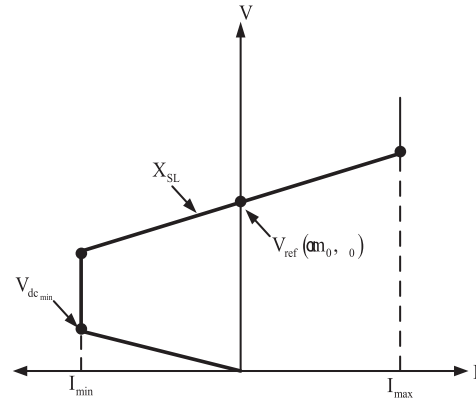


รูปที่ 9 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของ STATCOM



รูปที่ 10 แบบจำลองของ STATCOM

การควบคุมของ STATCOM มี 2 วิธี คือ การควบคุมมุมเฟสเป็นการควบคุมการเลื่อนมุมเฟส (α) ที่ควบคุมขนาดแรงดันไฟฟ้าของ STATCOM และอีกวิธีหนึ่งคือการควบคุมโดยการสร้างสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) เพื่อควบคุมขนาดแรงดันไฟฟ้าของ STATCOM และมุมเฟส ซึ่งคุณลักษณะเฉพาะแรงดันและกระแสไฟฟ้าของ STATCOM แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 คุณลักษณะเฉพาะแรงดันและกระแสไฟฟ้าของ STATCOM

แบบจำลองของ STATCOM มีข้อจำกัดระหว่าง การควบคุมและการทำงาน โดยทั่วไปแล้วจะนิยมให้แบบจำลองของ STATCOM มีลักษณะเดียวกับเครื่องจักรซิงโครนัส ซึ่งสมการเชิงอนุพันธ์แบบจำลองของ STATCOM สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเปอร์ยูนิตได้ ดังสมการที่ (31) สมการที่ (32) และสมการที่ (33) ตามลำดับ

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_c \\ \dot{\alpha} \\ \dot{m} \end{bmatrix} = f(x_c, \alpha, m, V, V_{dc}, V_{ref}, V_{dc,ref}) \quad (31)$$

$$\dot{V}_{dc} = \frac{VI}{CV_{dc}} \cos(\delta - \theta) - \frac{1}{R_c C} V_{dc} - \frac{R}{C} \frac{I^2}{V_{dc}} \quad (32)$$

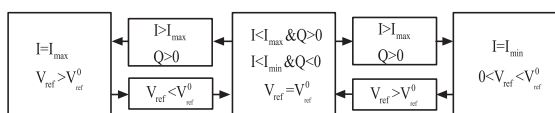
$$0 = \begin{bmatrix} P - VI \cos(\delta - \theta) \\ Q - VI \sin(\delta - \theta) \\ P - V^2 G + kV_{dc} VG \cos(\delta - \alpha) + kV_{dc} VB \sin(\delta - \alpha) \\ Q + V^2 B + kV_{dc} VBC \cos(\delta - \alpha) + kV_{dc} VG \sin(\delta - \alpha) \end{bmatrix} \quad (33)$$

$g(\alpha, k, V, V_{dc}, \delta, I, \theta, P, Q)$

เมื่อ m คือ ค่ามอดูเลชันของอุปกรณ์แปลงผัน, x_c และ $f(x_c, \alpha, m, V, V_{dc}, V_{ref}, V_{dc,ref})$ สำหรับปรับการควบคุมระบบและสมการตามลำดับ แบบจำลองของ STATCOM จากสมการที่ (31)–(33) สามารถเขียนในสภาวะคงตัวได้ ดังสมการที่ (34)

$$0 = \begin{bmatrix} V - V_{ref} \pm X_{SL} I \\ V_{dc} - V_{dc,ref} \\ P - V_{dc}^2 / R_c - RI^2 \\ g(\alpha, k, V, V_{dc}, I, \theta, P, Q) \end{bmatrix} \quad (34)$$

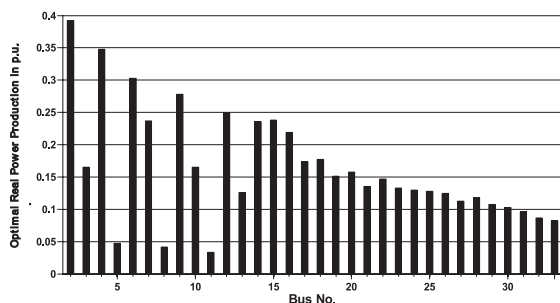
การวิเคราะห์เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบที่มี STATCOM ในสภาวะคงตัว การจำกัดขอบเขตของกระแสของแบบจำลองในสภาวะคงตัวที่คืนัน อัตราส่วนของการมอดูเลชัน k หรือ มุมเฟสของแรงดันไฟฟ้าสามารถทำงานร่วมกันได้ในแบบจำลองที่นำเสนอ ดังรูปที่ 12



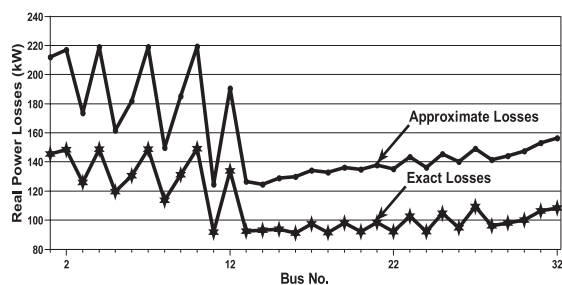
รูปที่ 12 การจำกัดขอบเขตการควบคุมในแบบจำลอง
สภาวะคงตัวของ STATCOM

7. ผลการจำลอง

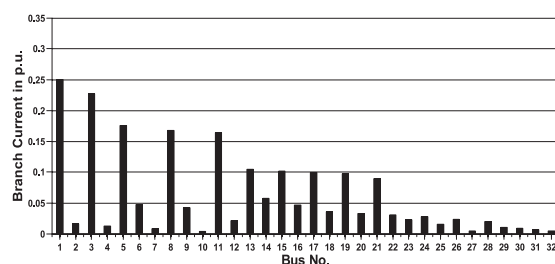
ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส ของมาตรฐาน IEEE แสดงดังรูปที่ 13-16 ตามลำดับ



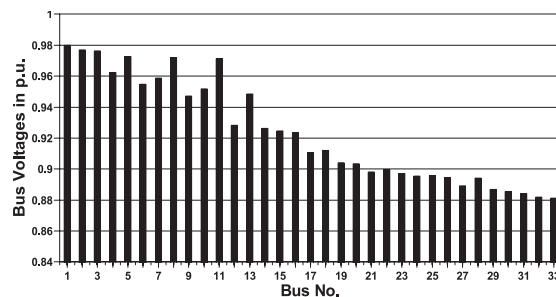
รูปที่ 13 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย
แบบเรเดียล 33 บัส



รูปที่ 14 ค่าโดยประมาณกับค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียที่
ต้องการของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส



รูปที่ 15 ขนาดกระแสที่สาขาต่างๆ ของระบบจำหน่าย
แบบเรเดียล 33 บัส



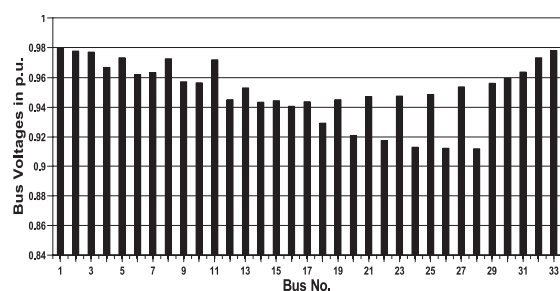
รูปที่ 16 ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ของระบบ
จำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส

จากรูปที่ 16 ผลจากการจำลองการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบกระแสนอนกลับและแรงดันไฟฟ้าแบบไปข้างหน้าของระบบจำหน่ายแล้วพบว่า ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัส 1 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.98 p.u. ส่วนบัสอื่นๆ ที่อยู่ไกลออกไปแรงดันไฟฟ้าที่บัสจะลดลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะที่ปลายสาย คือ บัสที่ 33 ซึ่งเป็นบัสที่อ่อนแอที่สุดจะมีแรงดันไฟฟ้าต่ำที่สุด มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.881373 p.u.

ตารางที่ 1 การหาตำแหน่งติดตั้ง SVC โดยใช้ PSO

System	Method	Bus No.	SVC Size MVA	Ploss kW	Qloss kVar	Loss Reduction %	
						Real	Reactive
33 Bus	Load Flow Analysis			221.4346	150.1784		
	PSO	12	2.4431	160.3745	85.2280	27.57	43.24
		15	2.3315	161.3063	87.1492	27.15	41.96
		14	2.3114	162.9829	85.9819	26.39	42.74
		17	1.7170	169.1077	86.0403	23.63	42.70
		25	1.2844	178.1469	87.6076	19.54	41.66
		6	2.9080	207.4799	111.1396	6.30	25.99

จากตารางที่ 1 หลังจากจำลองการติดตั้ง SVC เข้าไปโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้ง SVC เข้าไปในระบบคือ บัสที่ 12 เพราะกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูญเสียต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่นๆ มีกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูญเสียเท่ากับ 160.3745 kW และ 85.2280 kVar ซึ่งขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ หลังติดตั้ง SVC แสดงดังรูปที่ 17

รูปที่ 17 ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่าง ๆ ของระบบ
จำหน่ายหลังติดตั้ง SVC

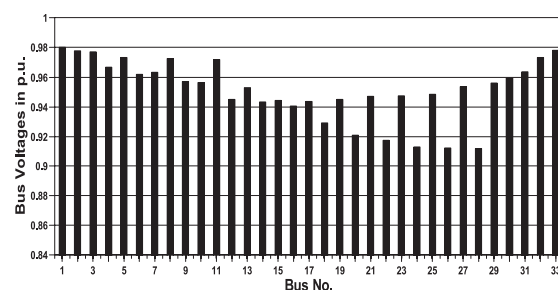
หลังติดตั้ง SVC ขนาด 2.4431 MVA เข้าไปเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟในระบบให้ดีขึ้น โดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆ บัสดีขึ้นกว่าเดิม ส่วนบัสที่เป็นบัสที่อ่อนแอที่สุดก็เปลี่ยนไปจากเดิมบัสที่ 33 ไปเป็นบัสที่ 28 ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.911769 p.u. ซึ่งเป็นผลมาจาก

การติดตั้ง SVC ขนาด 2.4431 MVA เข้าไปในระบบจำหน่าย ทำให้บัสที่อ่อนแอที่สุดเปลี่ยนตำแหน่งไป

ตารางที่ 2 การหาตำแหน่งติดตั้ง STATCOM โดยใช้ PSO

System	Method	Bus No.	STATCOM Size MVA	Ploss kW	Qloss kVar	Loss Reduction %	
						Real	Reactive
33 Bus	Load Flow Analysis			221.4346	150.1784		
	PSO	12	2.4939	160.4509	85.3447	27.54	43.17
		15	2.3801	161.3696	87.6981	27.12	41.60
		14	2.3545	163.0485	86.0639	26.36	42.69
		17	1.7321	169.1200	86.1770	23.62	42.61
		25	1.2786	178.1378	87.5945	19.55	41.67
		6	3.0298	207.6376	111.1676	6.23	25.97

จากตารางที่ 2 หลังจากจำลองการติดตั้ง STATCOM เข้าไปโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้ง STATCOM เข้าไปในระบบคือ บัสที่ 12 เพราะกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูญเสียต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่นๆ มีกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูญเสียเท่ากับ 160.4509 kW และ 85.3447 kVar ตามลำดับ ซึ่งขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่าง ๆ หลังติดตั้ง STATCOM แสดงดังรูปที่ 18

รูปที่ 18 ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่าง ๆ ของระบบ
จำหน่ายหลังติดตั้ง STATCOM

หลังติดตั้ง STATCOM ขนาด 2.4939 MVA เข้าไปเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟในระบบให้ดีขึ้น โดย

ใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาค่าแห่งดัดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆ บัสดีขึ้นกว่าเดิม ส่วนบัสที่เป็นบัสที่อ่อนแอที่สุดก็เปลี่ยนไปจากเดิมบัสที่ 33 ไปเป็นบัสที่ 28 ที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.911717 p.u. ซึ่งเป็นผลมาจากการดัดตั้ง STATCOM ขนาด 2.4939 MVA เข้าไปในระบบจำหน่าย ทำให้บัสที่อ่อนแอที่สุดเปลี่ยนตำแหน่งไป

8. สรุป

จากการจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัสของมาตรฐาน IEEE ผลการจำลองก่อนการดัดตั้ง FACTS เข้าไปในระบบจำหน่ายแรงดันไฟฟ้าที่บัสจากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าแบบกระแสย้อนกลับและแรงดันไฟฟ้าแบบไปข้างหน้าพบว่าบัส 1 มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.98 p.u. ส่วนบัสอื่นๆ ที่อยู่ไกลออกไปแรงดันไฟฟ้าที่บัสจะลดลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะที่ปลายสาย คือ บัสที่ 33 จะเป็นบัสที่อ่อนแอที่สุดในระบบ แต่หลังจากใช้เทคนิคการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาคแล้ว ทำให้ทราบขนาดและตำแหน่งดัดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมที่จะดัดตั้ง FACTS เข้าไป คือ บัสที่ 12 และหลังดัดตั้ง SVC ขนาด 2.4431 MVA และดัดตั้ง STATCOM ขนาด 2.4939 MVA เข้าไปในระบบที่บัส 12 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง ซึ่งการดัดตั้ง SVC สามารถลดกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟสูญเสียได้ถึง 27.57% และ 43.24% ส่วนการดัดตั้ง STATCOM สามารถลดกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียได้ 27.54% และ 43.17% ส่งผลให้ตำแหน่งบัสที่อ่อนแอที่สุดในระบบเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเช่นกัน จากการที่ดัดตั้ง FACTS เข้าไปในระบบจำหน่าย โดยเปลี่ยนจากบัสที่ 33 ไปเป็นบัสที่ 28 ผลการจำลองระบบดังกล่าวทำให้ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ หลังดัดตั้ง FACTS มีค่าที่ดีขึ้นใกล้เคียง 0.98 p.u. ระบบมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ดีเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งหากเปรียบเทียบ FACTS ทั้ง 2 ชนิดการดัดตั้ง SVC มีความเหมาะสมมากกว่าการดัดตั้ง STATCOM เข้าไปในระบบจำหน่าย เนื่องจากใช้ขนาดกำลังไฟฟ้าปรากฏที่เล็กกว่า แต่ได้เปอร์เซ็นต์ในการลดกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียที่มากกว่า

นำผลที่ได้จากการจำลองระบบมาวิเคราะห์ปรับปรุงเพื่อพัฒนาและแก้ปัญหาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยการสนับสนุนข้อมูลและสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. Fukuyama, Y. Nakanishi, and H. D. Chiang, 1996. "Fast Distribution Power Flow Using Multi-Processors", Electrical Power & Energy Systems, Vol. 18, No. 5, pp. 331-337.
- [2] กนกวรรณ กลิ่นเอี่ยม, 2549. "การหาตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ตัดตอนที่เหมาะสม ในระบบจำหน่ายแบบเรเดียลโดยวิธีเชิงพันธุกรรม", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] Wichit Krueasuk, and Weerakron Ongsakul, 2006. "Optimal Placement of Distributed Generation Using Particle Swarm Optimization", Proc.AUPEC 2006, pp. 1-6.
- [4] ธวัช สิริสังกัส, 2550. "การหาตำแหน่งและขนาดติดตั้งคาปาซิเตอร์เบงค์ที่เหมาะสมเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [5] จักรินทร์ วิเศษยา, และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักติพิชญ์, 2554. "การวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย", การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (EENET2010), คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, หน้า 214-217.

- [6] P. Mahat, W. Ongsakul, and N. Mithulanathan, 2006. "Optimal placement of wind turbine DG in primary distribution systems for real loss reduction", Energy for Sustainable Development Prospects and Issues for Asia (Electronic), pp. 1-6.
- [7] E. Bompard, E. Carpaneto, G. Chicco and R. Napoli, 2000. "Convergence of the Backward/Forward Sweep Method for the Load-Flow Analysis of Radial Distribution Systems", International Journal of Electrical power & energy system, Volume 22, pp. 521-530.
- [8] ชวัช เกิดชื่น, และ กฤตวิทย์ บัวใหญ่, 2552. "เทคนิคการคำนวณการไหลของกำลังในระบบจำหน่าย", การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (EENET2008), คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2552, หน้า 1-13.
- [9] อุเทนลีตณ, และ ธนัตถ์กุลวรรณิขพงษ์, 2553. "การแก้ปัญหากำลังงานสูญเสียในสายส่งต่ำที่สุดโดยใช้ผลเฉลยการไหลกำลังไฟฟ้าเหมาะที่สุดที่อาศัยปัญญาเชิงกลุ่ม", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 33, หน้า 81-84.
- [10] J. Kennedy, and R. Eberhart, 1995. "Particle Swarm Optimization", Proceeding of the IEEE International Conference on Neural Network. Perth : Piscataway.
- [11] Claudio A. Canizares, 2000. "Power Flow and Transient Stability Models of FACTS Controllers for Voltage and Angle Stability Studies", IEEE Transactions on Power Systems, pp. 1-8.
- [12] Claudio A. Canizares, Massimo Pozzib, Sandro Corsib, and Edvina Uzunovic, 2003. "Review STATCOM modeling for voltage and angle stability studies", International Journal of Electrical Power & Energy Systems Volume 25, Issue 6, pp. 431-441.

รูปแบบของบทความสำหรับ วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมนกคณัฏฐบุรี

Manuscript Preparation Guidelines for the Papers Submitted to Journal of Engineering, RMUTT

ชวลิต แสงสวัสดิ์¹ สมชัย หิรัญโรดม² และอภิชาติ สนธิสมบัติ³

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวเกี่ยวกับรูปแบบและวิธีการส่งบทความเพื่อเสนอต่อกองบรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมนกคณัฏฐบุรี ผู้ส่งบทความจะต้องยึดรูปแบบตามบทความนี้อย่างเคร่งครัด บทความใดที่มีรูปแบบไม่ถูกต้อง จะถูกส่งคืนและไม่พิจารณาอีก บทความจะต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ แต่ละภาษาควรมีเพียงย่อหน้าเดียว และความยาวไม่เกิน 25 บรรทัด

คำสำคัญ: วิธีการส่งบทความ, รูปแบบบทความ, ขนาดตัวอักษร, รูปแบบตัวอักษร, การเว้นบรรทัด,

Abstract

This article describes a submission procedure and a format of the manuscript for the Journal of Engineering, RMUTT. Authors are required to strictly follow the guidelines provided here : otherwise, the manuscript will be rejected immediately and not be considered again. A good abstract should have only one paragraph. Both Thai and English abstracts are required, the length of each should not exceed 25 lines.

Keywords: submission procedure, manuscript format, font side, font style and blank line.

1. ข้อกำหนดทั่วไป

บทความต้องประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ตามลำดับต่อไปนี้คือ ชื่อเรื่องภาษาไทย ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ชื่อผู้เขียนบทความ สถาบัน ที่อยู่สถาบัน อย่างละเอียด บทความภาษาไทย บทความภาษาอังกฤษ เนื้อเรื่องแบ่งเป็น บทนำ เนื้อความหลัก สรุป กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) เอกสารอ้างอิง ภาคผนวก (ถ้ามี)

2. คำแนะนำในการเขียนและพิมพ์

2.1 คำแนะนำทั่วไป

บทความที่เสนอจะต้องพิมพ์เป็นภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษ ตามรูปแบบที่กำหนด ซึ่งพร้อมที่จะนำไปถ่ายเพลท เพื่อพิมพ์ออฟเซตได้ทันที

การพิมพ์ให้พิมพ์ลงบนกระดาษ A4 โดยพิมพ์เป็นสองคอลัมน์ตามรูปแบบบทความนี้ ขนาดของคอลัมน์เป็นไปตามที่กำหนด จะต้องพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ที่มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 300 dpi.

ให้พิมพ์โดยไม่เว้นบรรทัด เมื่อจะขึ้นหัวข้อใหม่ให้เว้นบรรทัด 1 บรรทัด และจะต้องพิมพ์ให้เต็มคอลัมน์ก่อนที่จะขึ้นคอลัมน์ใหม่ หรือขึ้นหน้าใหม่ ห้ามเว้นที่เหลือไว้ว่างเปล่า

¹ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การลำดับหัวข้อในส่วนของเนื้อเรื่องนี้ ให้ใส่เลขกำกับ โดยให้บทนำเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีการแบ่งหัวข้อย่อย ก็ใช้เลขระบบทศนิยมกับหัวข้อย่อย เช่น 2.1 เป็นต้น

ให้ใส่เลขเรียงลำดับหน้าด้วยดินสอไว้ที่มุมขวาบนของกระดาษทุกหน้า

2.2 ขนาดตัวอักษรและการเว้นระยะ

พิมพ์บทความภาษาไทยด้วยตัวอักษรรูปแบบ “Angsana New”

ชื่อเรื่องบทความให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยน์ ตัวเข้ม

ชื่อผู้เขียน สถาบันให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยน์ ตัวปกติ

ชื่อหัวข้อย่อยให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยน์ ตัวเข้ม

บทคัดย่อและเนื้อความต่างๆ ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยน์ ตัวปกติ

สมการต่างๆ ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยน์ หรือตัวอักษร Angsana New 14 พอยน์

การเว้นระยะบรรทัดห่างในแนวตั้งแบบ exactly 16 พอยน์

ให้จัดเนื้อเรื่องในแต่ละบรรทัดเรียงชิดซ้ายและขวาอย่างสวยงาม

2.3 ชื่อเรื่อง ชื่อผู้แต่ง และชื่อหัวข้อ

การพิมพ์ชื่อเรื่อง ให้วางตำแหน่งกลางหน้ากระดาษแบบคอลัมน์เดียว

ชื่อผู้เขียนให้พิมพ์ไว้ได้ชื่อเรื่องและอยู่กลางหน้ากระดาษแบบคอลัมน์เดียว

ไม่ต้องระบุตำแหน่งวิชาการ หรือสถานะของนักศึกษาใดๆ ทั้งสิ้น

ชื่อหัวข้อย่อยต่างๆ ให้ วางตำแหน่งชิดขอบซ้าย

2.4 การจัดทำรูปภาพ

รูปภาพจะต้องมีความกว้างไม่เกิน 81 มม. เพื่อให้ลงในหนึ่งคอลัมน์ได้ หรือกรณีจำเป็นจริงๆ เพื่อรักษารายละเอียดในภาพ อาจขอมุมให้มีความกว้างได้เต็มหน้ากระดาษ(กว้าง 168 มม.)

ตัวอักษรทั้งหมดในภาพจะต้องมีขนาดใหญ่สามารถอ่านได้สะดวก และต้องไม่เล็กกว่าตัวอักษรในเนื้อเรื่อง

รูปภาพทุกรูปจะต้องมีหมายเลข และคำบรรยายใต้ภาพ หมายเลขและคำบรรยายรวมกันแล้วควรมีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด

คำบรรยายใต้ภาพห้ามใช้คำว่า “แสดง” เช่น ห้ามเขียนว่า “รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง..” ที่ถูกต้องควรเป็น “รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง..”

รูปหลายเส้นจะต้องเป็นเส้นหมึกดำ ส่วนรูปถ่ายควรจะเป็นรูปขาวดำที่มีความคมชัด รูปสีอนุโลมให้ใช้ได้รูปภาพควรจะมีรายละเอียดเท่าที่จำเป็นเท่านั้น เช่น ภาพถ่ายรูปคลื่นจากออสซิลโลสโคปที่ปรากฏให้เป็นเฉพาะจอภาพเป็นต้น และเพื่อความสวยงามให้เว้นบรรทัดเหนือรูปภาพ 1 บรรทัดและเว้นใต้คำบรรยาย 1 บรรทัด

2.5 การเขียนสมการ

สมการทุกสมการจะต้องมีหมายเลขกำกับอยู่ภายในวงเล็บและเรียงลำดับที่ถูกต้อง ควรใช้ตัวพหุคูณนะเอียงแสดงถึงพารามิเตอร์หรือตัวแปรในสมการ ตำแหน่งของหมายเลขสมการจะต้องอยู่ชิดขอบด้านขวาของคอลัมน์ เว้นหนึ่งบรรทัดก่อนเขียนสมการ และเว้นหนึ่งบรรทัดหลังเขียนสมการ จัดให้สมการอยู่ตรงกลางคอลัมน์ ดังตัวอย่างนี้

$$a + b = c \quad (1)$$

เริ่มเขียนคำอธิบายตั้งแต่บรรทัดนี้

2.6 การจัดการทำตาราง

ตัวอักษรในตารางจะต้องไม่เล็กกว่าตัวอักษรในเนื้อเรื่อง ควรตีเส้นกรอบตารางด้วยหมึกดำให้ชัดเจน

ตารางทุกตารางจะต้องมีหมายเลข และคำบรรยายกำกับเหนือตาราง หมายเลขกำกับและคำบรรยายนี้รวมกันแล้วควรมีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด คำบรรยายเหนือตารางห้ามใช้คำว่า “แสดง” เช่นเดียวกับกรณีรูปภาพ

เพื่อความสวยงามให้เว้นบรรทัดเหนือตาราง 1 บรรทัด และเว้นบรรทัดใต้คำบรรยายรูปภาพ 1 บรรทัด

2.7 การอ้างอิงและเอกสารอ้างอิง

การอ้างอิงเอกสารในบทความ ให้ใช้ระบบตัวเลข (Numerical System) โดยใส่ตัวเลขของเอกสารอ้างอิงไว้ในวงเล็บ เช่น [1] ที่ท้ายข้อความที่อ้างอิงถึง

2.8 ความยาวของบทความ

เมื่อรวมทุกส่วนแล้ว แต่ละบทความมีความยาวดังนี้ บทความทั่วไปมีความยาว 10 หน้ากระดาษ A4 บทความรับเชิญมีความยาวไม่เกิน 12 หน้ากระดาษ A4

3. กรณียกบทความภาษาอังกฤษ

ผู้พิมพ์บทความเป็นภาษาอังกฤษ กรุณาดูคำแนะนำวิธีการพิมพ์บทความภาษาอังกฤษที่แนบมาด้วย

4. การส่งบทความ

ส่งต้นฉบับ 3 ชุด พร้อมแผ่น CD และแบบฟอร์มส่งบทความ มายังกองบรรณาธิการวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหลวง อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

5.สรุป

ผู้เขียนบทความกรุณาตรวจสอบบทความอย่างรอบคอบโดยใช้เวลาอย่างเพียงพอก่อนส่งให้คณะกรรมการพิจารณา จะทำให้บทความของท่านมีคุณภาพสูงและผ่านการพิจารณาได้ง่ายขึ้น

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เขียนบทความทุกท่านที่ให้ความร่วมมือรักษาระเบียบการเขียนบทความอย่างเคร่งครัด

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์. พลังงานทดแทน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://dede.go.th/dede/index.php> (30 มีนาคม 2552).
- [2] จีวีวรรณ รมยานนท์, 2545. เขียนแบบเทคนิค 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดเคชั่น.
- [3] ถาวร รัตนพรประดิษฐ์, 2551. ศึกษาความเป็นไปได้ของการเมอร์เซอร์ไรส์ทางแก๊ส เปรียบเทียบกับการเมอร์เซอร์ไรส์ผิวน้ำเดนิม. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสิ่งทอ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [4] ศ.วงศ์ศรีตระกูล, 2552. “วช.หนุนแม่โจ้สร้างฟาร์กิ้งหันลมผลิตไฟฟ้าในเขตภาคเหนือตอนล่าง,” **Engineering Today**. 7,75 (มีนาคม) : 51-56.

Manuscript Preparation Guidelines for the Papers Submitted to Journal of Engineering, RMUTT

C.Sangswas¹, S.Hiranvarodom², and A.Sonthisombat³

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi,

Abstract

Your manuscript will appear in A4 sized photocopy exactly the same as it is received. Please follow the guideline explicitly. English papers should begin with the English abstracts. No Thai abstract is required. The abstract should include a concise statement of objectives and a summary of important results.

Keywords: submission procedure, manuscript format, font size, font style, blank line

1. General Introduction

Contributed papers are limited to 6 pages including all figures and tables. Invited papers have an 8 pages limit. Each manuscript typically contains the following sections: Title, Authors name (Noacademic position is required.) Address in details (Give phone and Fax. Numbers, if available.), Abstract, Text, Acknowledgment (If preferred), References.

2. Style and format

2.1 General

Manuscripts are typed single space except for headings. Font type should mimic Angsana New #10 (shown here). Right – hand justification is recommended.

Type your manuscripts on A4 (21 cm x 29.7 cm) sheets. The sheet should be divided into a two – column width of 81 mm with a space between columns of 6 mm (a total width of 168 mm). This permits side margin of 21 mm each. The top and bottom margins should be 29 mm.

2.2 Title Block

The title should appear in upper and lower case without underlining, centered across both columns. Type the author's name and affiliation also in upper and lower case letters centered under the title. In case of multi-authorship, group the authors and identify each author by superscript numbers corresponding to the organization which should be grouped below authors.

2.3 Headings and Subheadings

Heading and subheadings are in upper and lower case bold letter without underlining, if available. They should appear with sequential numbers, left – hand justified in the column.

2.4 Equations

Equations are to be numbered consecutively throughout the text. The equation number should be placed in parenthesis and flushed with the right – hand margin of the column. Italic alphabets are recommended for equation parameters.

¹ Department of chemical and Materials Engineering Faculty of Engineering , Rajamangala University of Technology Thanyaburi

² Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

³ Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

$$a + b = c \quad (1)$$

Leave a blank line before and after equations.

A long equation should appear across the columns by interrupting the opposite column with column-termination and column-initiation bars.

3. References

References are to be listed and numbered at the end of the papers. Refer to them in the text as [1].

4. Illustrations

Figures, tables and line drawings should be positioned within the text. They may conform to either a one-column or two-column width and must be black ink or high contrast black-and-white reproductions. They must include captions.

5. Submission of Your Manuscripts

Please submit three original manuscripts, one CD and a paper submitting form to JERMUTT, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Rangsit – Nakhonnayok Rd. Klong 6. Thanyaburi Pathumthani Thailand 12110.

6. Conclusions

Your paper should be carefully checked.

7. Acknowledgment

Thank you for your good cooperation.

References

- [1] Crawford, R.J. 2005. **Plastics Engineering**. 3rd ed. Oxford : Elsevier Butterworth-Heinemann.
- [2] Samuel Forest, 2008 “Micromorphic Approach for Gradient Elasticity Viscoplasticity, and

Damage ,” **Journal of Engineering Mechanics**. 135,3 (March) : 117-131.

- [3] Somjate Patcharaphun, 2008. “Numerical and Experimental validation of Skin and Core Material Distribution in Sandwich Injection Moldings”, **Journal of Research in Engineering and Technology**. 5,4 (October - December) : 433-444.

- [4] Thaworn Rattanaphornpradit, 2551. **Feasibility Study of Mercerized Denim Garmen Versus Mercerized Denim Fabric**. Master of Art's Thesis. Rajamangala University of Technology Thanyaburi

- [5] Wikipedia. **Technology**. [Online] Available : <http://Wikipedia.org> (30 March 2009).

**แบบฟอร์มการส่งบทความทางวิชาการ
เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลชัยบุรี**

ข้าพเจ้า ☐ นาย ☐ นาง ☐ นางสาว ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)

ชื่อ-สกุล.....

(ภาษาอังกฤษ).....

ตำแหน่งทางวิชาการ (โปรดระบุ) ☐ ศาสตราจารย์ ☐ รองศาสตราจารย์ ☐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

อื่นๆ(โปรดระบุ).....

ที่อยู่ (ที่ติดต่อได้).....

.....

โทรศัพท์ที่ทำงาน..... โทรศัพท์มือถือ.....

โทรสาร..... อีเมล.....

มีความประสงค์ขอส่งบทความ เรื่อง:

ชื่อผลงาน (ภาษาไทย)

.....

ชื่อผลงาน (ภาษาอังกฤษ).....

.....

พร้อมกันนี้ ได้แนบเอกสาร ☐ ต้นฉบับบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร จำนวน 3 ชุด

☐ แบบฟอร์มการส่งบทความทางวิชาการ จำนวน 1 ชุด

☐ ซีดีบันทึกข้อมูลการพิมพ์บทความในรูปแบบไฟล์ Microsoft Word จำนวน 1 แผ่น

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า บทความนี้เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามชื่อที่ระบุไว้ในบทความจริง และบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และข้าพเจ้าจะไม่นำส่งบทความนี้ไปพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่นภายใน 60 วัน นับจากวันที่ข้าพเจ้าส่งบทความ

ลงนาม.....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.



สมาชิกเลขที่

.....

ใบสมัครสมาชิกวารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี

วันที่สมัคร

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว สกุล อาชีพ
ที่อยู่ (สำหรับจัดส่งวารสาร) เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล
เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร e-mail

มีความประสงค์สมัครเป็นสมาชิก

อัตราค่าสมาชิก

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปี

1 ปี 2 ฉบับ 120 บาท (สำหรับบุคคลทั่วไป)
80 บาท (สำหรับนักศึกษา)

ต่ออายุสมาชิก ปี

1 ปี 2 ฉบับ 120 บาท (สำหรับบุคคลทั่วไป)
80 บาท (สำหรับนักศึกษา)

พร้อมกันนี้ได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน บาท

จำนวนเงินตัวอักษร

ชำระเงินโดยวิธี

ธนาณัติ สั่งจ่าย

ตัวแลกเงินไปรษณีย์ สั่งจ่าย

โอนเงินเข้าบัญชีธนาคาร ชื่อบัญชี เลขที่บัญชี

- หมายเหตุ
1. กรุณาส่งสำเนาใบเข้าบัญชี (pay-in-slip) หรือโทรสารมายังสำนักงานคณะวิศวกรรมศาสตร์ พร้อมเขียนชื่อ – นามสกุล และหมายเลขสมาชิก (ถ้ามี)
 2. นักศึกษาที่สมัครทางไปรษณีย์ กรุณาส่งสำเนาบัตรประจำตัวนักศึกษาแนบมาด้วย

ลงชื่อ ผู้สมัคร
(.....)

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

โทรศัพท์ 0-2549-3493 โทรสาร 0-2549-3479 www.en.rmutt.ac.th/journal e-mail: varasan_rmutt@hotmail.com

วิสัยทัศน์

“มุ่งผลิตวิศวกรเชิงปฏิบัติการ เชี่ยวชาญเทคโนโลยี
มีมาตรฐานสากล บนพื้นฐานคุณธรรมและจริยธรรม”

พันธกิจ

1. ผลิตวิศวกร สร้างงานและสิ่งประดิษฐ์ที่มีคุณภาพได้มาตรฐานสากลสอดคล้องกับความต้องการของประเทศและสังคมโลก
2. พัฒนาคณะฯ สู่วิชาการเป็นเลิศด้านวิชาและเทคโนโลยีที่ยั่งยืน
3. ให้บริการงานวิชาการและบูรณาการองค์ความรู้จากผลงานวิชาการ ถ่ายทอดสู่นักศึกษาและสังคมอย่างมีประสิทธิภาพ
4. ทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมและรักษาสืบสานอัตลักษณ์
5. บริหารจัดการเชิงธรรมาภิบาล บุคลากรทุกคนมีส่วนร่วมในการพัฒนา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

**ที่ตั้ง ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110**

โทร. 0-2549-3400 โทรสาร 0-2577-5026

www.en.rmutt.ac.th/journal