



SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

เจ้าของ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ที่ปรึกษา

ดร.นัททวุฒิ พิษผล

บรรณาธิการ

รศ.ดร.วีระพันธ์ คิวทองสุข (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)

กองบรรณาธิการ

รศ.ดร.วีระพันธ์	คิวทองสุข	กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)
ดร.ภาณุวัฒน์	แตระกุล	กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)
ผศ.จิรจิตต์	บรรจงศิริ	กรรมการ (มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์)
พันเอก ผศ.ดร.ชวน	จันทวาลย์	กรรมการ (ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า)
รศ.ดร.สมบัติ	ทิมทรัพย์	กรรมการ (มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย)
รศ.ดร.จิระศักดิ์	ชาญวิจิตรธรรม	กรรมการ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)
รศ.ดร.ปิยะบุตร	วานิชพงษ์พันธุ์	กรรมการ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

กรรมการบริหาร

รศ.ประสิทธิ์	สุขเสริม	ผศ.ดร.สมเกียรติ	เพียงพรานทอง
ผศ.ดร.ณัฐ	โอชนาทรัพย์	ผศ.วราธร	แก้วแสง
ผศ.วีระพงษ์	กาญจนวงศ์กุล	ผศ.เสรี	ชื่นอารมณ์
ผศ.พรนิภา	บริบูรณ์สุขศรี	นายวฐา	ขงสมิทธิ์
นายมานิตย์	ธิมมาทา		

ฝ่ายพัฒนา ดูแลและปรับปรุงเว็บไซต์

นางสาวรุ่งทิพา	ลังกาพันธ์	นายระพี	วาทะศรีศิลป์
นางสาวจิราภรณ์	ปรากฏ		

ฝ่ายเลขานุการ

นางสาวหุมนุช	เข้มรู้การ	นางณัฐภาวี	จิระภาพันธ์
--------------	------------	------------	-------------

จัดพิมพ์โดย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

ที่ติดต่อ วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ถนนเพชรเกษม เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160 โทร 0-2807-4500-27 ต่อ 404

เว็บไซต์ saujournalst.sau.ac.th อีเมล SAUJournalST@sau.ac.th

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นเอกสารเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยและบทความวิชาการ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมอุตสาหการ อาชีวอนามัยและความปลอดภัย วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมเกษตร
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ใหม่ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระหว่างนักวิจัย นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป
3. เพื่อเป็นเอกสารรวบรวมรายงานและบทความวิจัยที่น่าสนใจ และมีคุณค่าทางวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดองค์ความรู้ใหม่แก่นักวิจัยของมหาวิทยาลัยเอเซียอาคเนย์ นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป

ขอบเขต

เป็นเอกสารเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการ (บทความวิชาการปริทรรศน์ บทความวิชาการเทคนิค บทความวิชาการพิเศษ) ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วาระการเผยแพร่

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY มีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 จะจัดพิมพ์ระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 จะจัดพิมพ์ระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม ของทุกปี

ข้อคิดเห็นในบทความของวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY เป็นทรัพย์สินส่วนตัวของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย

Objectives

The main objectives of this journal are:

1. to publish research articles and academic articles in science and technology, Journal focus are Electrical Engineering, Electronics and communication Engineering, Computer Science, Computer Engineering, Civil Engineering, Mechanical Engineering, Industrial Engineering, Occupational Health and Safety, Environment Engineering and Agricultural Engineering;
2. to become a center for exchanging innovations in science and technology among researchers and interested persons;
3. to become a collection of interesting and valuable research papers and articles;
4. to promote and encourage Southeast Asia University researchers and interested persons to develop innovations.

Scope

To publish research articles and academic articles (Review articles, Technical article, Special Articles) in science and technology.

Schedule

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is published two issues annually. The first volume is published between January and June and the second is published July and December in each year.

Comments on the article of the SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is a personal opinion of the author. Editors boards may not necessarily agree.

บทบรรณาธิการ

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY ปีที่ 6 ฉบับที่ 1
ประจำเดือน มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2563 ปัจจุบันเป็นวารสารที่ได้รับรองให้อยู่ใน
ฐานข้อมูลของ TCI 2

จากผลการดำเนินงานของวารสารฉบับนี้มีบทความที่น่าสนใจทั้งหมด 3 บทความ เป็น
บทความวิจัยที่น่าสนใจจำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ เรื่อง “การพัฒนาระบบติดตามและป้องกัน
ความผิดปกติขณะมอเตอร์ทำงานด้วยแพลตฟอร์มของเน็ตพาย” เรื่อง “การพัฒนาแขนกลจับ
ชิ้นงานเชิงการมองเห็นแบบอัตโนมัติสำหรับกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์” และ
เรื่อง “ปัจจัยที่เหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ในการปฏิบัติงานของหน่วยงาน” และ ซึ่ง
กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับความรู้จากงานวิจัยต่าง ๆ ในวารสารเล่มนี้
เป็นอย่างมาก

และในนามของ กองบรรณาธิการวารสาร ต้องขอขอบพระคุณ ผู้ประเมินบทความทุก
ท่าน ที่ยอมเสียสละเวลาอันมีค่าช่วยกลั่นกรองงานวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น รวมถึง
คณาจารย์ นักศึกษา บุคคลทั่ว ๆ ไปทุกท่าน ที่ให้ความสนใจส่งบทความเพื่อเข้าสู่กระบวนการ
พิจารณาคุณภาพเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ทำให้กองบรรณาธิการทุกท่านมีกำลังใจ
เป็นอย่างมากในการพัฒนาวารสารฯ ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย

หน้า

การพัฒนาระบบติดตามและป้องกันความผิดปกติขณะมอเตอร์ทำงาน ด้วยแพลตฟอร์มของเน็ตพาย Fault Detection and Protection Development while Motor Working with Platform of NETPIE กิตติภูมิ เรืองฤทธิ์^{1*}, ณัฐวุฒิ ชยวานิช², เชิดชัย ประภาณวรัตน์² และ เอกชัย มุจจลินทวิมูติ²	1
การพัฒนาแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นแบบอัตโนมัติ สำหรับกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ Development of Automatic Vision Gripper for Electronic Circuit Board Production บุญเลิศ สือเฉย^{1*}, อิศราพร มีทอง^{1*} และ มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์²	22
ปัจจัยที่เหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ในการปฏิบัติงานของหน่วยงาน A Factors of Task Technology Fit Used for the Performance of Department. สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ¹, แสงทอง บุญยั้ง² และ อนนก พุทธิเดช³	34

การพัฒนาระบบติดตามและป้องกันความผิดปกติขณะมอเตอร์ทำงาน ด้วยแพลตฟอร์มของเน็ตพาย

Fault Detection and Protection Development while Motor Working with Platform of NETPIE

กิตติภูมิ เรืองฤทธิ์^{1*}, นัฐวุฒิ ชยวานิช², เชิดชัย ประภาณวรรตน์² และ เอกชัย มุจจินทวีมุติ²

Kittiphumir Rueangrit^{1*}, Nattavut Chayavanich², Cherdchai Prapanavarat² and Ekkachai Mujjalinvimut²

^{1*} นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

กรุงเทพมหานคร 10160

² อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

กรุงเทพมหานคร 10160

* ผู้นิพนธ์ประสานงานโทรศัพท์ 064-425-6195 อีเมล :kittiphumir@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 25 ตุลาคม 2563 / วันที่แก้ไขบทความ: 19 มิถุนายน 2563 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 20 มิถุนายน 2563

บทคัดย่อ บทความนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของเน็ตพาย ในการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการทำงานผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด 3 เฟส จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ แรงดันไฟฟ้าเกิน แรงดันไฟฟ้าต่ำ แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล เฟสหาย ภาระเกิน อุณหภูมิขดลวดเกิน ความสั่นสะเทือนเกิน โดยใช้เซนเซอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าเฟสจำนวน 3 ชุด วัดค่ากระแสไฟฟ้าสายจำนวน 3 ชุด วัดค่าอุณหภูมิขดลวด 1 ชุด ความสั่นสะเทือนของมอเตอร์ 1 ชุด ส่วนตัวประมวลผลใช้โหนด เอ็มชียู ESP8266 คู่ร่วมกับไอซีเบอร์ MCP3008 ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกจากเซนเซอร์ทั้ง 8 ช่องสัญญาณเป็นดิจิทัลขนาด 10 บิต ส่วนภาคการป้องกันใช้แมกเนติกเป็นตัวตัด/ต่อวงจรกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด 3 เฟส ขนาด 1 กำลังม้า, 380V ต่อแบบ Y ขั้นตอนการทดสอบใช้มอเตอร์ที่ทดสอบต่อกับปลั๊กกับชุดเทอร์มินัลเตอร์ยี่ห้อ Terco MV1025 จากนั้นทดสอบสภาวะการทำงานแบบปกติและแบบผิดปกติทั้ง 7 ชนิด นอกจากการทดสอบแบบการป้องกันการผิดปกติแล้ว ยังได้มีการทดสอบการติดตามการทำงานโดยใช้ไฟของแพลตฟอร์มเน็ตพาย ผลการทดสอบการป้องกันการการทำงานแบบผิดปกติ เครื่องป้องกันที่พัฒนาดังกล่าวนี้นี้สามารถทำงานได้สมบูรณ์ทุกๆ เงื่อนไข ส่วนประโยชน์ที่ได้นี้สามารถป้องกันความเสียหายของมอเตอร์ขณะทำงาน สามารถวางแผนการซ่อมบำรุงสายการผลิต ซึ่งหมายถึงการรักษาสถียรภาพการผลิตให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของเน็ตพาย, ความสั่นสะเทือนเกิน, โหนด เอ็มชียู ESP8266,

Abstract The paper presents a feasibility study of the Internet of Things applications by using a cloud server to prevent damages caused by an abnormal operation of a 3-phase induction motor. The damages that may cause from the abnormal operations of the

induction motor are classified into 7 types: over voltages, under voltages, unbalanced voltages, single phasing, overloads, over winding temperature, and over vibration. The measurement sensors include 3 sets of phase voltage sensors, 3 sets of wire current sensors, 1 set of a winding temperature sensor, and 1 set of a motor vibration sensor. For a processing unit, the ESP8266 NodeMCU is connected to an MPC3008 which is to convert analog signals out of the 8-channel sensor signal processors into a 10-bit digital value. For the protection, a magnetic trip of power circuits is used for the 1 HP, 380V induction motor in three-phase Y connection. In testing procedures, the motor was connected to a Terco MV1025 torque meter via a coupling. The tests were carried out to determine the 7 types of normal and abnormal operating conditions. Apart from the protection of abnormalities, the monitoring operations were also tested by using the NETPIE FEED. The results of the tests in abnormal operations revealed that the developed protecting device performed its operations completely in all conditions, whereas it was advantageous to protect the motor damages while operating, and plan to maintain a production line for reliable production stability.

Keywords : Internet of thing, Cloud server of NETPIE, Over voltage, Node MCU ESP8266,

1. บทนำ

มาตรฐานที่ใช้กำหนดรูปการเกิดฟอลต์ในกรณีที่เป็นแบบระยะเวลานานมากกว่า1นาทินั้น ค่าแรงดันต่ำเกินมีค่า 0.8pu ถึง 0.9pu และแรงดันสูงเกินมีค่า 1.1pu-1.2pu ส่วนแรงดันไม่สมดุลที่สถานะคงตัวมีค่า 0.5%-2% [1] ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง Annette Von Jouanne และ Ben Banerjee [2] ได้ศึกษาผลกระทบของอายุการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันไฟฟ้าต่อความถี่ โดยได้มีการทดสอบเทียบกับการจำลองเพื่อคำนวณหาอายุการใช้งาน ผลที่ได้ทำให้ทราบว่าที่ %voltage change เท่ากับ 10 และ modulation frequency 35Hz มีค่าอายุการใช้งานต่ำที่สุด งานวิจัยของ P.Pillay และ M.Manyage [3] ทำการทดสอบในเรื่องของความร้อนของขดลวดมอเตอร์ โดยมีสาเหตุอัน

เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเกิดแรงดันต่ำเกิน แรงดันสูงเกิน และแรงดันไม่สมดุล โดยได้มีการทำนายค่าอายุการใช้งานจากสมการ Arrhenius' กับจำนวนของขดลวดมอเตอร์แบบกรงกระรอก ซึ่งผลการทดสอบค่าสูญเสียที่แกนเหล็กมี 3 กรณี ได้แก่ ที่แรงดันเกิน 10% แรงดันต่ำเกิน 10% และแรงดันไม่สมดุล 5 % ผลที่ได้ค่าสูญเสียที่แกนเหล็กที่เกิดแรงดันเกิน10% มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นแรงดันไม่สมดุล และแรงดันต่ำเกิน เรียงตามลำดับ และเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์อายุที่สูญเสีย(%Loss of Life)เมื่อมอเตอร์ทำงานที่พิกัดที่เปอร์เซ็นต์แรงดันไม่สมดุลสูง ๆ เช่นที่ 5 % ค่าอายุที่สูญเสียจะได้ค่าที่ 0.81% มากกว่าที่ เปอร์เซ็นต์แรงดันไม่สมดุลต่ำๆ ค่าเปอร์เซ็นต์ อายุที่สูญเสียนี้จะแปรผกผันกับอายุการใช้งาน ซึ่งหมายถึงกรณีที่เปอร์เซ็นต์ค่าอายุที่สูญเสียมาก จะทำให้อายุการใช้งานของ

ณ นวนน้อยลง ซึ่งเป็นไปตามสมการของ Arrhenius งานวิจัยของ A. Boglietti และคณะ [4] เป็นการศึกษาถึงความสามารถในการไหลของเครื่องมือไฟฟ้าแบบหลายเฟส โดยมีการทำงานภายใต้เงื่อนไขความผิดปกติแบบขดลวดเฟสถูกเปิดวงจร โดยการทดสอบได้มีการเปิดวงจรออกแบบ 1, 2, 3, 4 ชุด จากนั้นดูผลกระทบในเรื่องของอุณหภูมิของขดลวด ซึ่งผลที่ได้แบบทำงาน 1 ชุด มีค่าอุณหภูมิขดลวดสูงสุด Bon-Gwan Gu [5] ได้นำเสนอโมเดลฟอลต์แบบขดลวดลัดรอบ (interturn fault (ITF)) สำหรับมอเตอร์เชิงโรตารีแม่เหล็กถาวร (IPMSMs) โดยมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของความผิดพลาดแบบออนไลน์ การทดลองได้มีการลอกเลียนแบบการลัดรอบขดลวดที่ขดลวดต่อแบบอนุกรมและต่อแบบขนาน โดยมีการต่อแทปลวดตัวนำออกมาข้างนอกจำนวน 2 แทป โดยที่ปลายตัวนำทั้งสองแทปนั้นจะต่อเข้ากับสวิตช์เพื่อใช้ตัด/ต่อจำลองสถานการณ์การเกิดลัดรอบ แล้วพิจารณาความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ค่าความต้านทานขดลวดต่อความเร็วรอบมอเตอร์ต่างๆ ซึ่งผลวิธีดังกล่าวจะช่วยในการวินิจฉัยการเกิดฟอลต์ได้ ส่วนสาเหตุหนึ่งของการเกิดฟอลต์ประเภทนี้อาจเกิดจากตัวนำทองแดงเกิดความร้อนสูงจนฉนวนเสื่อมสภาพแล้วทำให้ขดลวดที่พันอยู่ใกล้ชิดกันเกิดการสัมผัสกันได้ ในงานวิจัยของ E. L. Brancato [6] ได้แสดงขีดจำกัดของอุณหภูมิฉนวนมอเตอร์ที่คลาสต่างๆ A, B, F, H, H' ประเมินที่อุณหภูมิแวดล้อม 40 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขีดจำกัดอุณหภูมิฉนวนมอเตอร์ที่คลาสต่างๆ

Class	Maximum temperature	Temperature rise
A	105	65
B	130	90
F	155	115
H	180	140
H'	220	180

I.Y. Onel และ คณะ [7] เป็นงานวิจัยที่ต้องการตรวจจับการเสื่อมสภาพของฉนวนถูกป็น โดยมีการเปรียบเทียบเทคนิคการวินิจฉัยสองวิธี ได้แก่ วิธีการแปลงรูปแบบการแปลงพาร์กและการแปลงคอนคอร์เดีย โดยทดสอบเชิงทดลองบนมอเตอร์เหนี่ยวนำสองขั้วขนาด 0.75 กิโลวัตต์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบวิธีการแปลงรูปแบบการแปลงพาร์กจะมีผลการวินิจฉัยที่ดีกว่า ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะใช้เซนเซอร์ตรวจจับกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ แล้วใช้เทคนิคดังกล่าวเพื่อวินิจฉัยความผิดปกติของแบร์ริง C. Verucchi และคณะ [8] เป็นการทดลองตรวจจับข้อบกพร่องในกลองเกียร์ที่ต่อคัปปลิ้งกับด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

บทความนี้ได้ศึกษาในเรื่องการตรวจจับฟอลต์กลองเกียร์แบบที่ใช้ลดความเร็วรอบหรือเพิ่มความเร็วรอบ โดยกลองเกียร์ได้ต่อคัปปลิ้งกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยวิธีทั่วไปจะวินิจฉัยวิเคราะห์แรงสั่นสะเทือน ในบทความนี้ได้ใช้การตรวจจับกระแสไฟฟ้าที่สเตเตอร์เพื่อหาค่าแรงบิดแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการวิเคราะห์ค่าสเปคตรัมที่เกิดขึ้น

R. Bayindir และคณะ [9] เป็นงานวิจัยนี้เป็นการนำ PLC มาใช้ในการป้องกันฟอลต์ชนิดต่างๆ เช่น แรงดันต่ำเกิน แรงดันสูงเกิน แรงดันไม่สมดุล กระแสเกิน และติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส โดยมีตัวเซนเซอร์กระแสไฟฟ้าจำนวน 3 ตัว เซนเซอร์แรงดันไฟฟ้าจำนวน 3 ตัว ค่าที่ได้จากเซนเซอร์ทั้งสองชนิดเป็นค่าประสิทธิภาพ (rms) จะถูกเปลี่ยนเป็นค่าแรงดันกระแสตรงป้อนเข้าสู่ภาคอินพุต PLC และยังมีเซนเซอร์ความเร็วรอบมอเตอร์แบบเอ็นโคเดอร์ป้อนเข้าสู่ PLC ภาคเอาต์พุต PLC จะถูกนำไปขับเคลื่อนรีเลย์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อมอเตอร์ นอกจากนี้ PLC ยังสามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 I. Colak และคณะ [10] ได้นำเสนองานวิจัยเป็นการนำบอร์ด DAQ มาใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับ

การควบคุมและติดตาม โดยได้มีการนำเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า วัดแรงดันไฟฟ้า วัดอุณหภูมิมอเตอร์ และวัดความเร็วรอบมอเตอร์ ภาคเอาต์พุตบอร์ด DAQ จะถูกนำไปขับเคลื่อนสรีร์เลย์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อมอเตอร์ นอกจากนี้ สิริวิช และประสิทธิ์ [11] จากงานวิจัยนี้ได้ออกแบบระบบเฝ้าติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า เหนียวนาชนิด 3 เฟส ด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of thing) โดยใช้เซนเซอร์แรงดันไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า ความเร็วรอบมอเตอร์ อุณหภูมิขดลวดและความเร็วรอบมอเตอร์ ใช้โหนด เอ็มชียู ESP8266 และใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของเน็ตพาย โดยจะมีการตรวจสอบฟอลต์ได้แก่ เฟสหาย แรงดันไม่สมดุล แรงดันสูงเกิน แรงดันต่ำเกิน ภาระเกิน อุณหภูมิขดลวดสูงเกิน ในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นความแตกต่างความใหม่ระหว่างงานวิจัยในอดีตไปจนถึงงานวิจัยที่นำเสนอ

ตารางที่ 2 ความแตกต่างระหว่างงานวิจัยในอดีตและวิจัยที่นำเสนอ

งานวิจัยอ้างอิงและงานที่นำเสนอ										
ประสิทธิภาพที่สามารถทำได้	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	งานวิจัยที่นำเสนอ
1.ความผิดปกติแรงดันต่ำเกิน	/						/		/	/
2.ความผิดปกติแรงดันสูงเกิน	/						/		/	/
3.ความผิดปกติแรงดันไม่สมดุลย์	/						/		/	/
4.ความผิดปกติกระแสเกิน							/		/	/
5.ความผิดปกติเฟสหาย									/	/
6.ความผิดปกติอุณหภูมิสูงเกิน	/	/	/	/				/	/	/
7.เกิดการสั้นสละเทือนมากเกินไป										/
8.แสดงค่าสถานะแบบออนไลน์									/	/
9.มีความคุ้มค่าในการลงทุน									/	/
10.มีการใช้อุปกรณ์ตรวจจับกระแสเพื่อวินิจฉัยความผิดปกติ					/	/		/	/	/
11.มีการอุปกรณ์ตรวจจับแรงดันเพื่อวินิจฉัยความผิดปกติ								/	/	/

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาทั้งหมด เห็นได้ว่างานวิจัยของ สิริวิช และ ประสิทธิ์ [11] เป็นงานที่นำเทคโนโลยีด้าน IOT มาประยุกต์ใช้ แต่ยังไม่ครอบคลุมฟอลต์ที่เกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินงานต่อยอดจากงานวิจัยดังกล่าว โดยเพิ่มรูปแบบของฟอลต์

ประเภทความสั้นสละเทือนเกิน ซึ่งเป็นฟอลต์ชนิดหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างมากและในตารางที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบงานวิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงงานวิจัยที่ส่งเหตุได้จาก เครื่องหมายถูกต้องแสดงให้เห็นถึงงานวิจัยที่งานวิจัยนั้นสามารถทำได้ และแสดงให้เห็นถึง

ประสิทธิภาพของงานวิจัยที่ได้นำเสนอว่าสามารถตรวจจับความผิดปกติได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น และค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการออกแบบตัวอุปกรณ์ต่างๆมีราคาถูกสามารถหาซื้อได้ตามเว็บไซต์ และง่ายต่อการบำรุงรักษา

2. ทฤษฎี

การกำหนดช่วงข้อมูลของความผิดปกติที่กระทำต่อมอเตอร์

มาตรฐานการวัดค่าความสั่นสะเทือนสำหรับ

เครื่องจักรกลหมุน โดยจะถูกกำหนดโดยมาตรฐานสากล องค์การมาตรฐาน ISO - 2372 (10816) แบ่งเป็นเกณฑ์การพิจารณา 4 ลักษณะ (4Class) Class ที่ 1 กำลังน้อยกว่า 15 kW Class ที่ 2 กำลังมากกว่า 15 kW Class ที่ 3 กำลังมากกว่า 100 kW Class ที่ 4 กำลังมากกว่า 15 kW [12] จากตารางที่ 2 แต่ละลักษณะจะมีการแบ่งโซนการยอมรับแรงสั่นสะเทือนคือ A หมายถึง ระดับดี (good) B คือพึงพอใจ (satisfactory) C คือ ไม่พึงพอใจ (unsatisfactory) D ไม่ยอมรับ (unacceptable) แสดงในตารางที่ 3

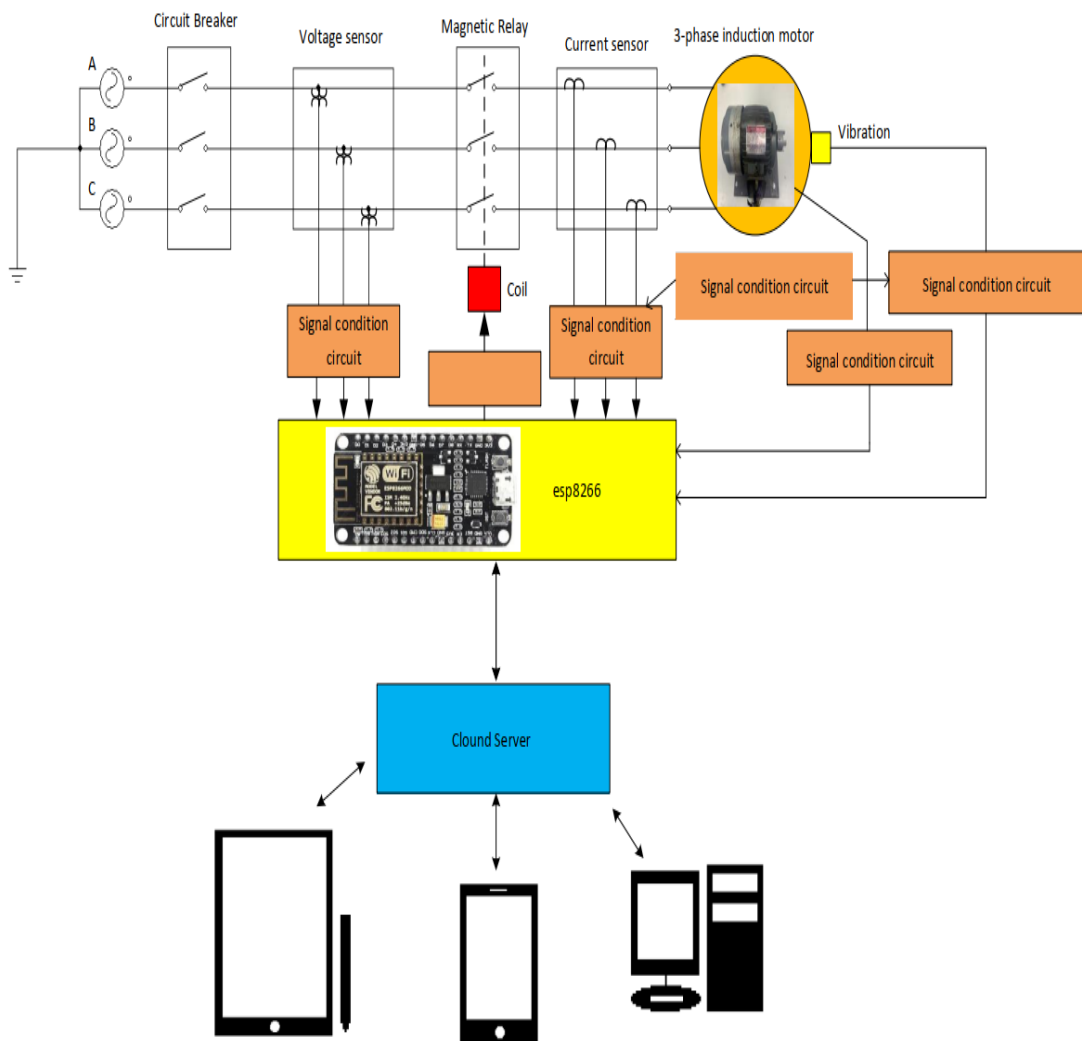
ตารางที่ 3 โซนการสั่นสะเทือนในระดับต่างๆ

VIBRATION SEVERITY PER ISO 1816						
Machine			Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid machines	Class IV large soft foundation
ln/s		mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28				
	0.02	0.45				
	0.03	0.71		good		
	0.04	1.12				
	0.07	1.80				
	0.11	2.80		satisfactory		
	0.18	4.50				
	0.28	7.10		unsatisfactory		
	0.44	11.20				
	0.70	18.00				
	0.71	28.00		Vibration causes Damage		
	0.10	45.00				

3. ขั้นตอนการออกแบบและการทดลอง

3.1 การออกแบบ

ในบทความนี้ได้มีการออกแบบชุดทดลองทั้งตัวตรวจับกระแสไฟฟ้า ตัวตรวจับแรงดันไฟฟ้า ตัวตรวจับกำลังไฟฟ้า ตัวตรวจับอุณหภูมิ และตัวตรวจับการสั่นสะเทือนที่ตัวมอเตอร์ ซึ่งเป็นงานของผู้จัดทำในครั้งนี้ ดังแสดงในรูปที่ 1

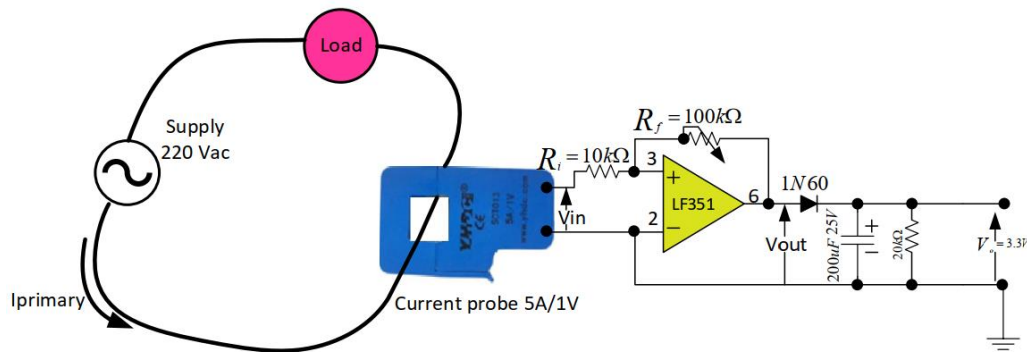


รูปที่ 1 โครงสร้างระบบการป้องกันมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส ด้วยฟีดของแพลตฟอร์มเน็ตพาย

3.1.1 การออกแบบตัวตรวจจับสนะไฟฟ้า [11]

ในรูปที่ 2 แสดงให้เห็นวงจรตรวจจับสนะไฟฟ้า หม้อแปลงกระแสที่ใช้เป็นตัวตรวจจับสนะไฟฟ้าและได้ทำ

การออกแบบไปจนถึงรวบรวมข้อมูล I_{ac} และ V_{out} แล้วนำค่าไปออกแบบโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ 1



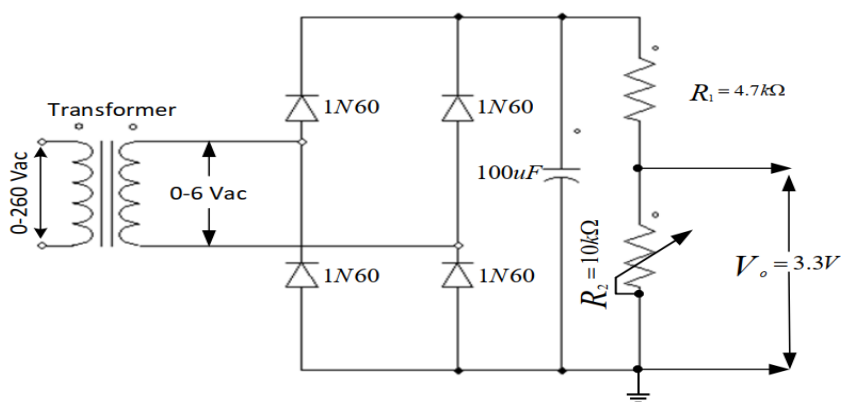
รูปที่ 2 วงจรตรวจจับสนะไฟฟ้า

$$I_{ac} = 9.98 \times 10^{-2} + 1.654 \times V_{dc} - 5.31 \times 10^{-2} \times V_{dc}^2 \quad (1)$$

3.1.2 การออกแบบตัวตรวจจับสนะแรงดันไฟฟ้า [11]

ในรูปที่ 3 แสดงให้เห็นวงจรตรวจจับสนะแรงดันไฟฟ้าและได้ทำการออกแบบไปจนถึงรวบรวมข้อมูล V_{ac} และ V_{out}

แล้วนำค่าไปออกแบบโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด ดังแสดงในสมการที่ 2



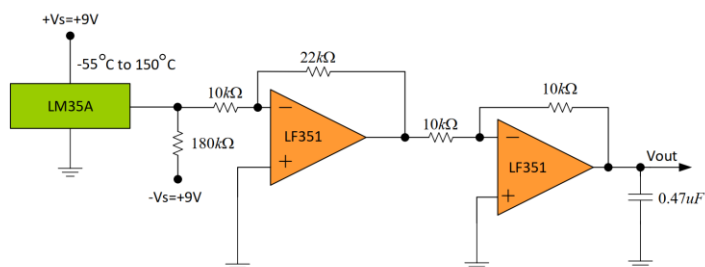
รูปที่ 3 วงจรตรวจจับสนะแรงดันไฟฟ้า

$$V_{ac} = 6.541 + 81.900 \times V_{dc} - 1.803 \times V_{dc}^2 \quad (2)$$

3.1.3 การออกแบบตัวตรวจวัดอุณหภูมิ [11]

วงจรตรวจวัดอุณหภูมิใช้ไอซีเบอร์ LM35A มีคุณสมบัติตรวจวัดอุณหภูมิตั้งแต่ -55°C ไปจนถึง 150°C ส่งไวกายในตัวมอเตอร์โดยติดตั้งไว้ที่ขดลวด

โดยต่อร่วมกับออปแอมป์เบอร์ LF351 โดยต่อเป็นวงจรออปแอมป์วงจรขยายแบบกลับเฟสดังแสดงในรูปที่ 4

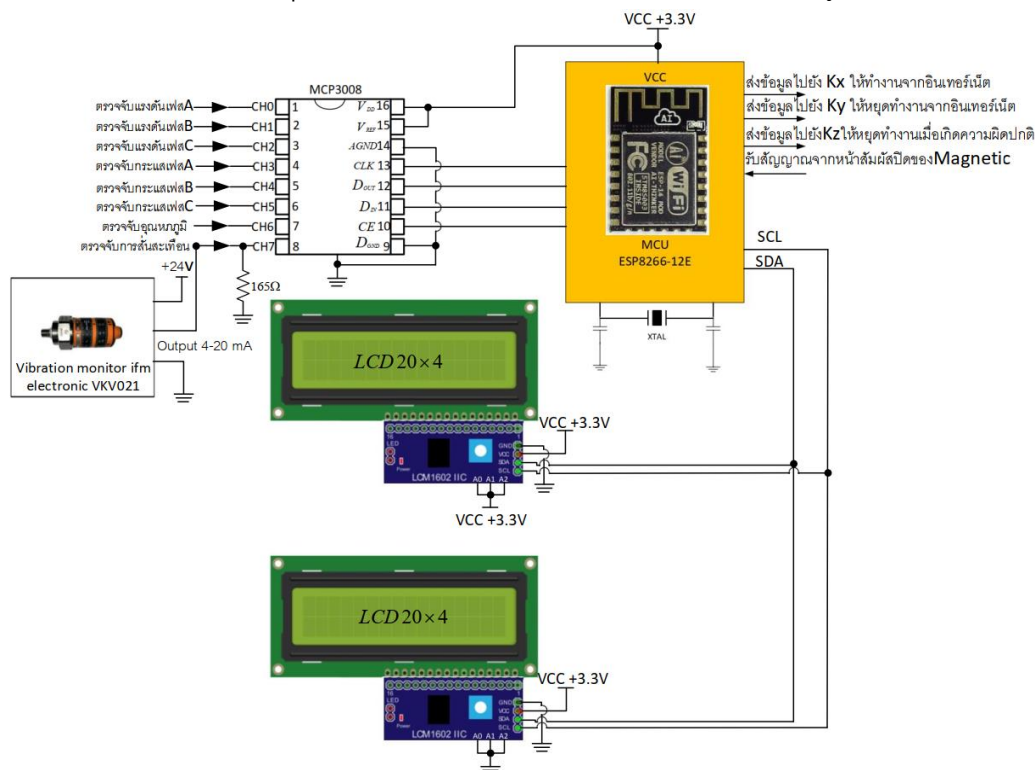


รูปที่ 4 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ (ใช้ IC LF351 เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิช่วง -55 ถึง 150 องศาเซลเซียส)

3.1.4 การออกแบบภาคประมวลผลและภาคแสดงผล [11]

ในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงอุปกรณ์ต่างๆ ในภาพรวม โดยอุปกรณ์ในส่วนของการภาคที่ใช้ในการประมวลผลใช้ Node MCU ESP8266 ต่อร่วมกับอุปกรณ์อินเทอร์เน็ต

(WIFI) และแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้ไอซี MCP 3008 และในส่วนของการแสดงผลใช้จอ LCD 20×4 โดยสามารถแสดงสถานะต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะมอเตอร์ทำงานดังแสดงในรูปที่ 5

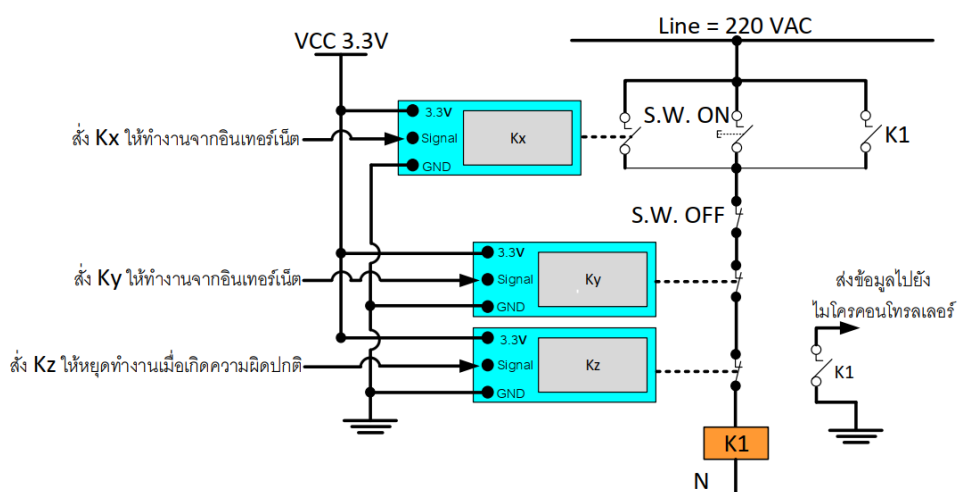


รูปที่ 5 การออกแบบอุปกรณ์การเชื่อมต่อ Node MCU การป้องกัน การประมวลผลและการแสดงผล

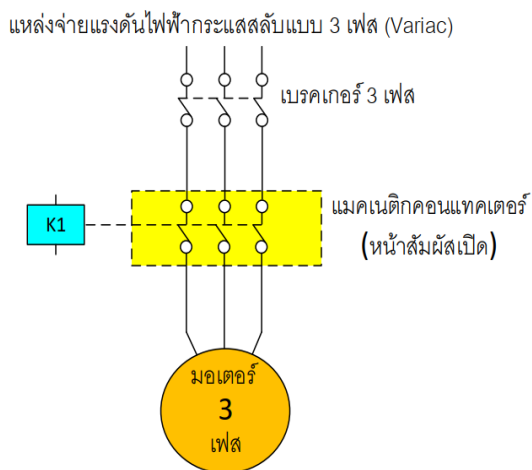
3.1.5 วงจรกำลังมอเตอร์และวงจรควบคุมมอเตอร์[11]

เริ่มต้นโดยกดสวิตช์ ON หรือกดปุ่ม SW ON ที่อยู่บน Free Board ของเน็ตพาย (รีเลย์ Kx ทำงาน) จะทำการส่งสัญญาณไปยังรีเลย์ทำให้คอนแทกเตอร์ K1 ทำงาน หน้าสัมผัสหลักจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ ทำให้มอเตอร์เริ่มทำงานและคอนแทกเตอร์จะทำงานต่อไปแม้ว่าจะปล่อยมือออกจากสวิตช์ เนื่องจากหน้าสัมผัสช่วยของคอนแทกเตอร์ K1 แถวที่สอง (self holding contact or maintaining

contact) โดยทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้ามายังคอยล์ของคอนแทกเตอร์ ในกรณีที่ต้องการให้หยุดการทำงานสามารถทำได้โดยการกดสวิตช์ OFF หรือกดปุ่ม SW OFF ที่อยู่บน Free Board ของเน็ตพาย (รีเลย์ Ky ทำงาน) จะทำให้หน้าสัมผัสถูกเปิดออกทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน ในกรณีที่เกิดสภาวะความผิดปกติจะมีสัญญาณถูกส่งไปยังรีเลย์ Kz ทำให้ K1 หยุดทำงาน มอเตอร์จะหยุดทำงานเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 วงจรส่วนควบคุมมอเตอร์



รูปที่ 7 วงจรภาคกำลังมอเตอร์

3.1.7 การออกแบบการทำงานของ Node MCU[11]

ในรูปที่ 8 แสดงให้เห็นผังโครงสร้างการทำงานของ Node ESP8266 โดยแปลงสัญญาณอนาล็อกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลทางด้านฝั่งอินพุตประกอบด้วย แรงดัน 3 เฟส กระแส 3 เฟส ตัววัดความเร็วรอบ ตัววัดอุณหภูมิ และตัววัดการสั่นสะเทือน และเอาต์พุตประกอบด้วย สถานะปกติ (normal) สถานะแรงดันสูงเกิน (Over voltage) สถานะอุณหภูมิสูงเกิน (Winding Temperature) สถานะการสั่นสะเทือนเกินพิกัด (Over Vibration) สถานะโหลดเกิน (Over Load) สถานะเฟสหาย (Single Phasing) สถานะแรงดันต่ำเกิน (Under Voltage) และสถานะแรงดันแต่ละเฟสไม่สมดุล (Unbalance Voltage) โดยถูกเชื่อมอยู่กับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของเน็ตพาย

สถานะปกติ

แรงดันเฟส 198 ถึง $242 V_{rms}$ ($\pm 10\%$) ของ $220 V_{rms}$ กระแส 0.5 ถึง $2.31 A_{rms}$ (กระแสขณะไม่มีโหลด ถึง 110%ของกระแสพิกัด) อุณหภูมิขดลวดไม่เกิน $120^{\circ}C$ เพื่อป้องกันความเสียหายในงานวิจัยนี้กำหนดไว้ไม่เกิน $120^{\circ}C$

สถานะเฟสหาย

กระแสต่ำกว่า $0.2 A_{rms}$

สถานะแรงดันไม่สมดุล

เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลมีค่าไม่เกิน 5%(ในสถานะมาตรฐานสามารถที่ยอมรับได้ต่ำสุด)

$$\%V_{UB} = \frac{V_{maxdev}}{V_{avg}} \times 100 \quad (3)$$

$$V_{avg} = \frac{V_{RS} + V_{ST} + V_{TS}}{3} \quad (4)$$

เมื่อ V_{UB} = เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

V_{avg} = แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยระหว่างเฟส (V)

V_{maxdev} = แรงดันไฟฟ้าเบี่ยงเบนสูงสุดระหว่างเฟสใดเฟสกับ V_{avg}

V_{RS}, V_{ST}, V_{TS} = แรงดันระหว่างเฟส (V)

สถานะแรงดันต่ำเกิน

แรงดันต่ำกว่า $198 V_{rms}$ ทั้ง 3 เฟส

สถานะแรงดันสูงเกิน

แรงดันสูงกว่า $242 V_{rms}$ ทั้ง 3 เฟส

สถานะโอเวอร์โหลด

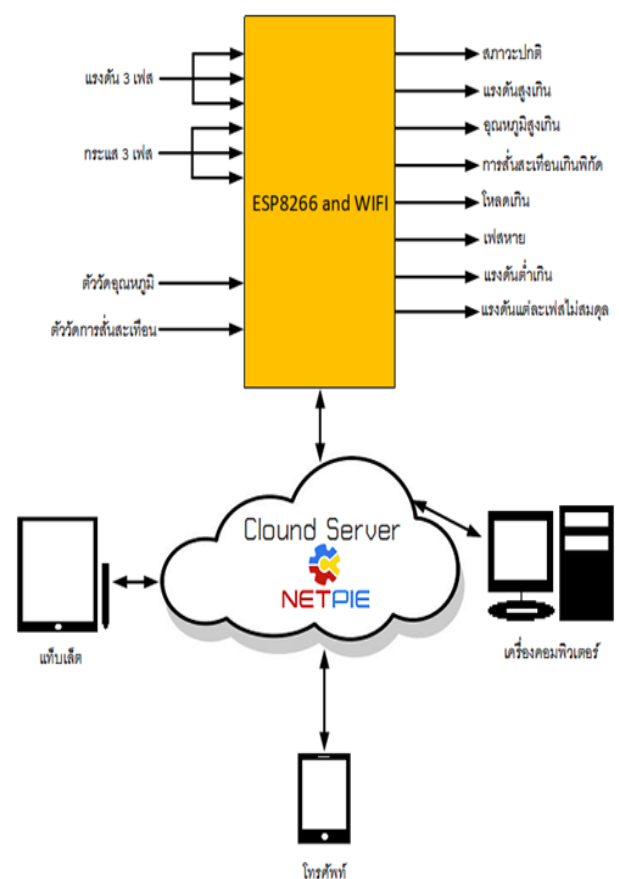
กระแสมากกว่า $2.31 A_{rms}$ เกิดจาก $2.1+10\%$

สถานะอุณหภูมิสูงเกิน

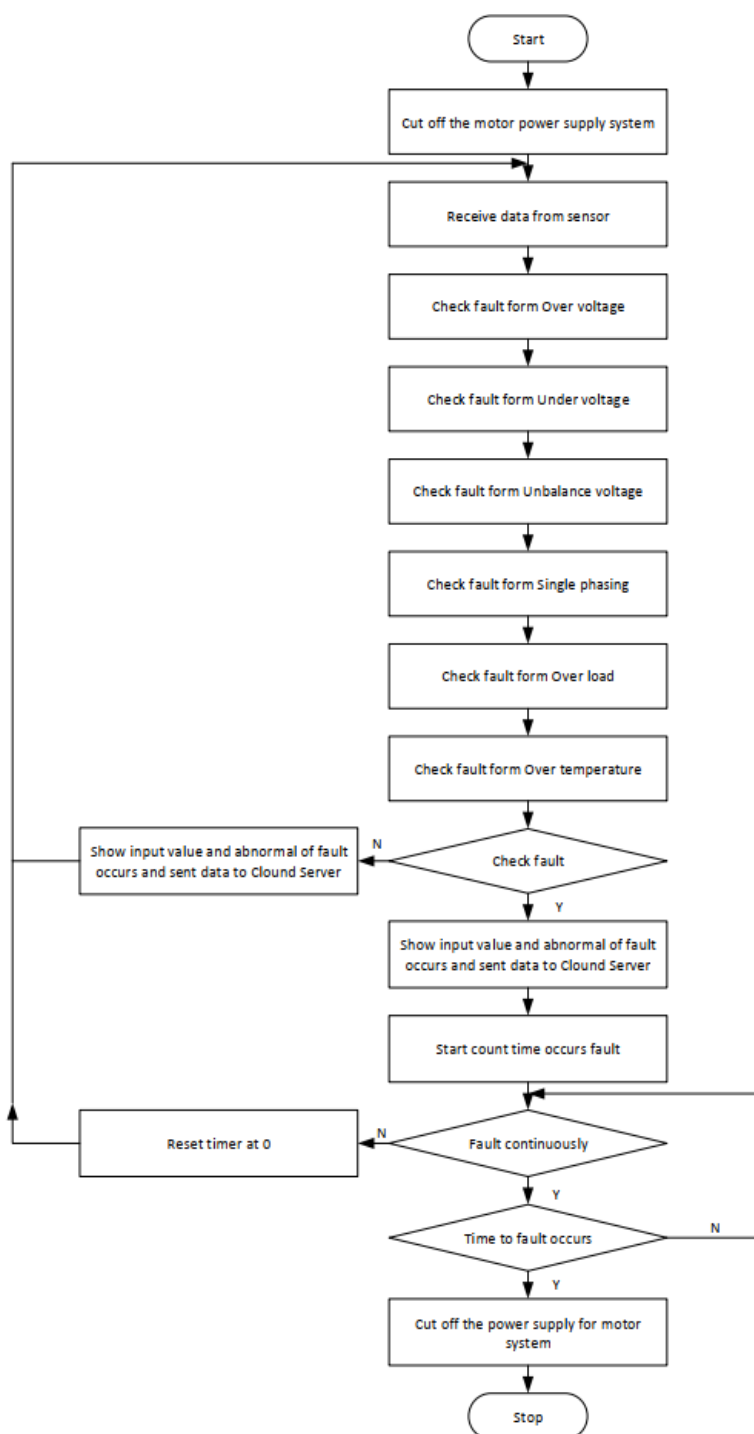
อุณหภูมิขดลวดมากกว่า $120^{\circ}C$

สถานะการสั่นสะเทือนมากเกินไป

การสั่นสะเทือนมากกว่า 4.5 mm/sec



รูปที่ 8 แสดงผังโครงสร้างการทำงานของ โหนด เอ็ม ซี ยู โดยเชื่อมตัวกับคลาวด์เซิร์ฟเวอร์เน็ตพาย



รูปที่ 9 แผนผังการทำงานและออกแบบซอฟต์แวร์

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

มอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 4 Pole ขนาด 1 แรง แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 220/380 โวลต์ ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที กระแสเฉลี่ยอยู่ที่ 3.5 แอมป์ขณะที่รับโหลดเต็มพิกัด ได้ทำการติดตั้งกับแท่นหลักโดยมีการทดลองดังนี้

-ติดตั้งมอเตอร์ทดสอบ เข้ากับทอมมิเตอร์

-ประกอบวงจรมอเตอร์

-ประกอบตัวเซนเซอร์ต่างๆ

-ทดสอบกรณีที่เป็นสภาวะปกติบันทึกค่าแรงดันค่ากระแส และถ่ายรูปหน้าต่างฟรีบอร์ดเนตพาย ของ คลาวด์เซิร์ฟเวอร์

-เปลี่ยนรูปแบบฟอลต์ กรณีต่างๆ ได้แก่ สภาวะเฟสหาย สภาวะแรงดันไม่สมดุล สภาวะแรงดันต่ำเกิน สภาวะแรงดันสูงเกิน สภาวะโอเวอร์โหลด สภาวะอุณหภูมิสูงเกิน และ สภาวะการสั่นสะเทือนมากเกินไป

- ทดลองรูปแบบติดตามและบันทึกข้อมูลด้วย Feed ของ NETPIE ในแต่ละเงื่อนไข



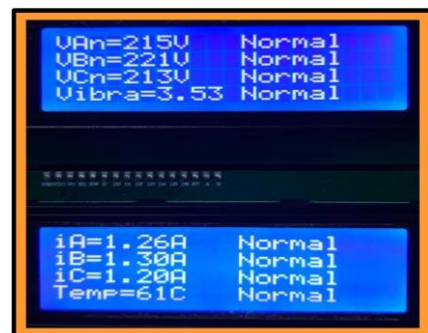
รูปที่ 10 ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือนให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

4.ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดลอง

จากรูปที่ 11-12 เป็นการแสดงสภาวะปกติและสภาวะการสั่นสะเทือนมากเกินไปด้วยจอ LCD ซึ่งจะขึ้นสถานะ Normal ในกรณีสภาวะปกติดังแสดงในรูปที่ 11

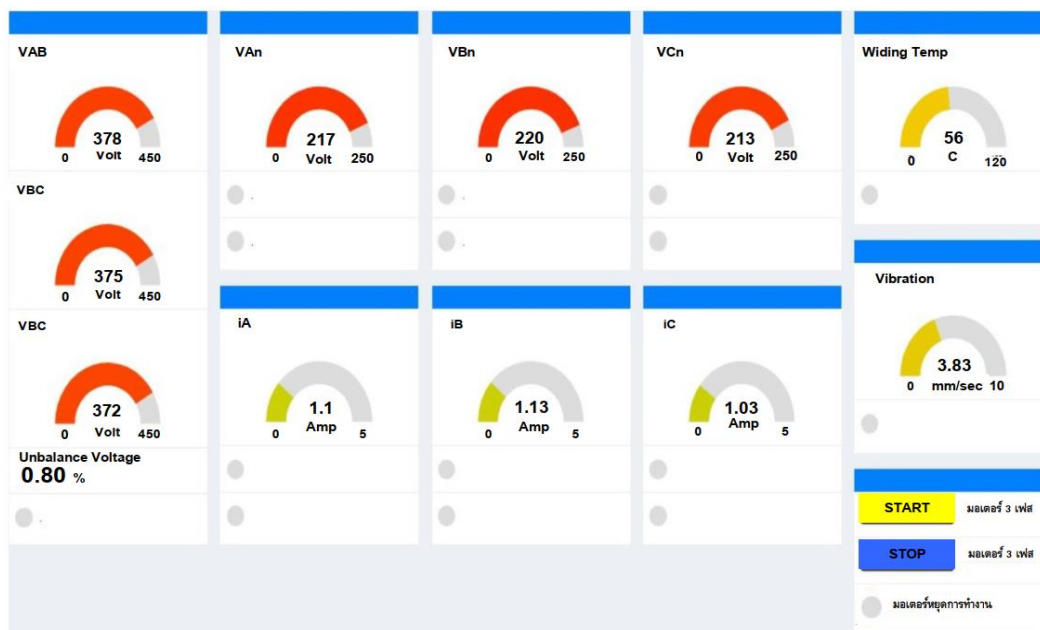
ส่วนในสภาวะผิดปกติที่เกิดการสั่นสะเทือนมากเกินไปแสดงสถานะจะแสดงข้อความ Vibration Over ดังแสดงในรูปที่ 12 ส่วนรูปที่ 13 และ 20 เป็นหน้าต่างของฟรีบอร์ดเนตพาย สามารถดูได้ทั้งค่าของแรงดันแต่ละเฟส V_{An}, V_{Bn}, V_{Cn} แรงดันระหว่างเฟส V_{AB}, V_{BC}, V_{CA} กระแสแต่ละเฟส i_A, i_B, i_C อุณหภูมิที่ฝังอยู่ในตัวมอเตอร์ (Winding Temp) และการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ (Vibration) ขณะมอเตอร์ทำงานซึ่งเป็นงานวิจัยที่นำเสนอใหม่



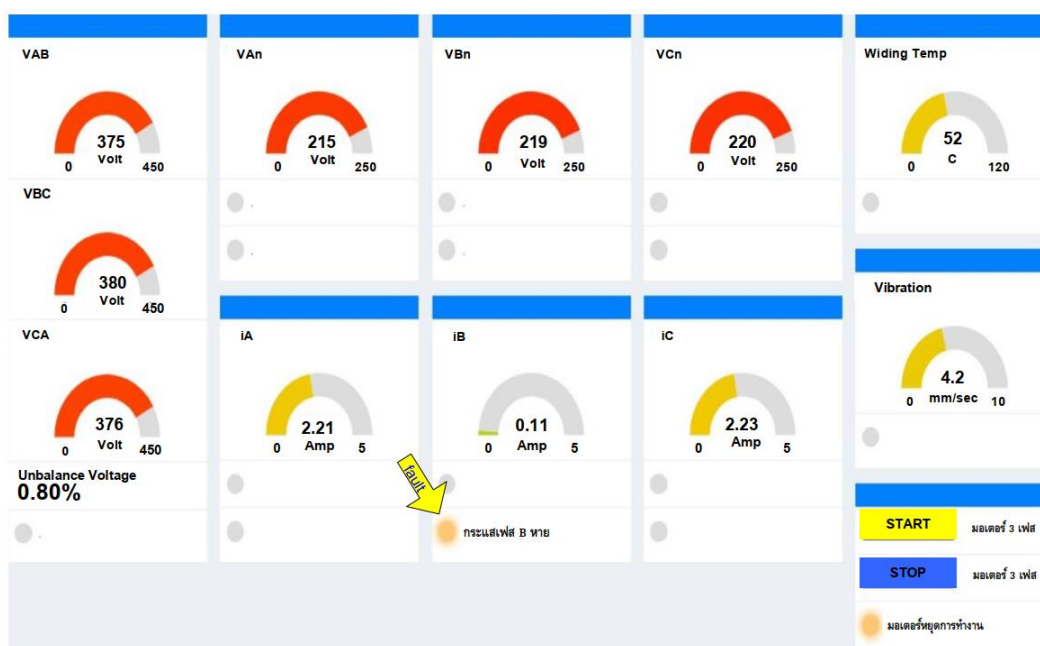
รูปที่ 11 แสดงผลสภาวะปกติบนจอ LCD



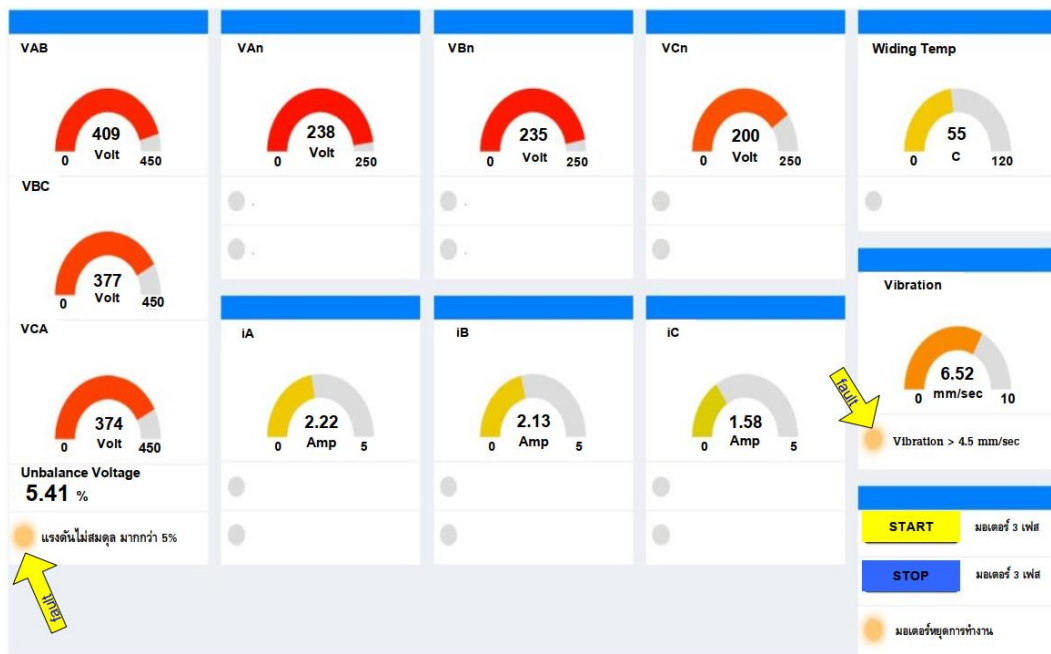
รูปที่ 12 แสดงผลสภาวะเกิดการสั่นผิดปกติบนจอ LCD



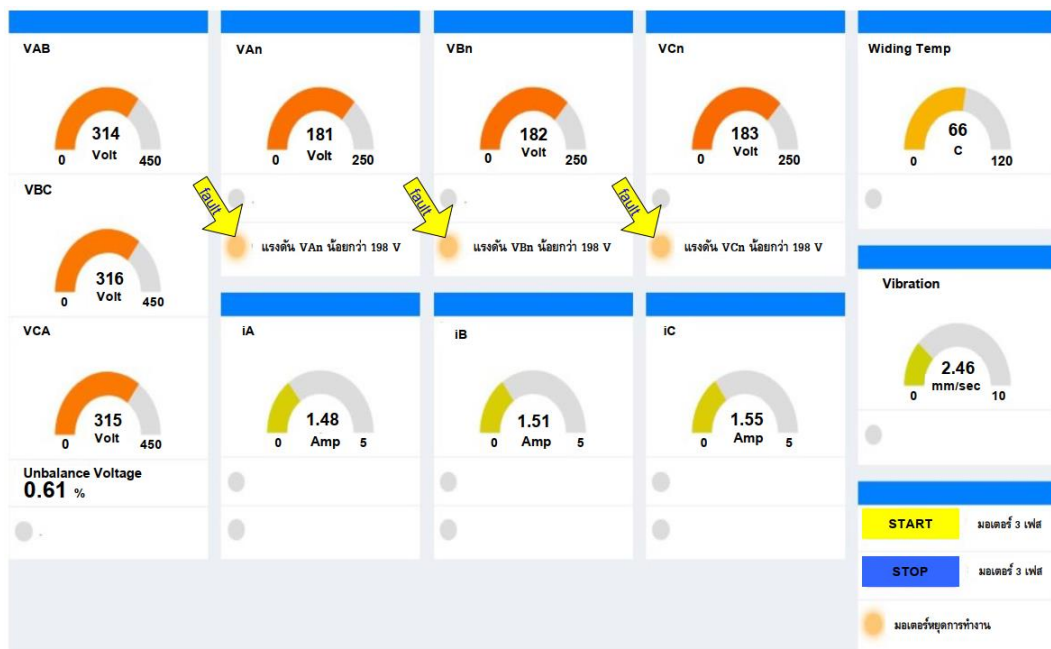
รูปที่ 13 การแสดงผลในสภาวะปกติ



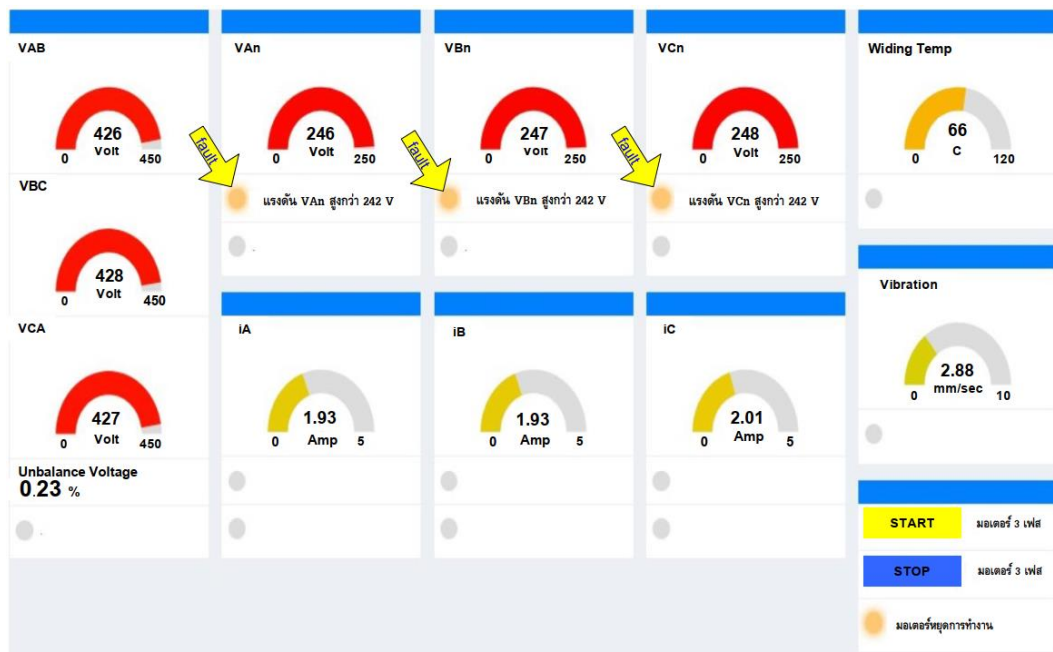
รูปที่ 14 การแสดงผลในสภาวะเฟสหาย



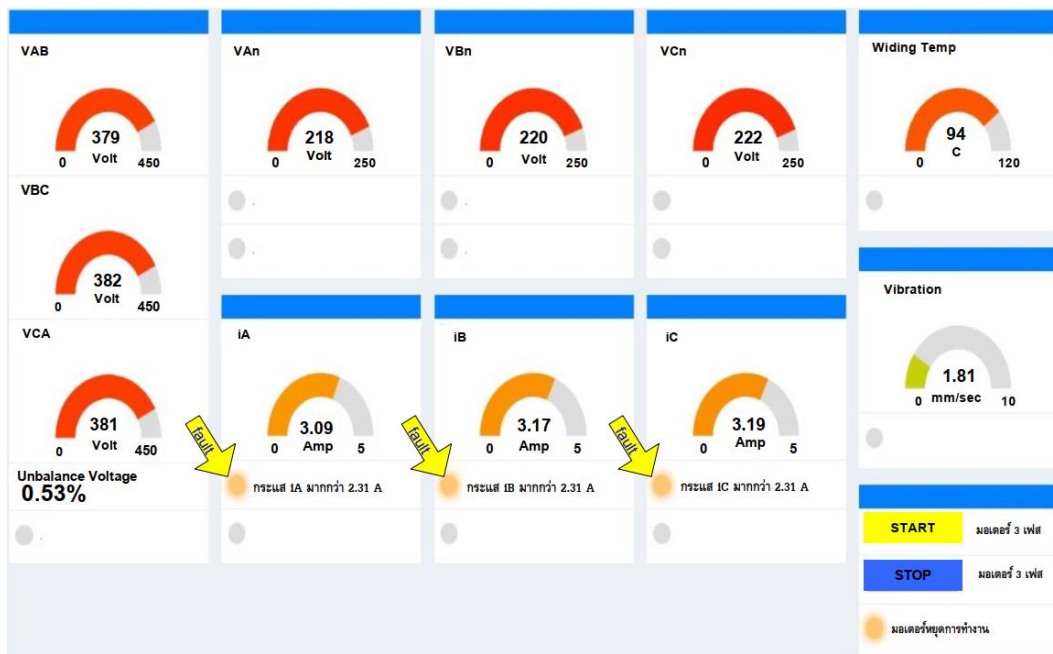
รูปที่ 15 การแสดงผลในสภาวะแรงดันไม่สมดุล



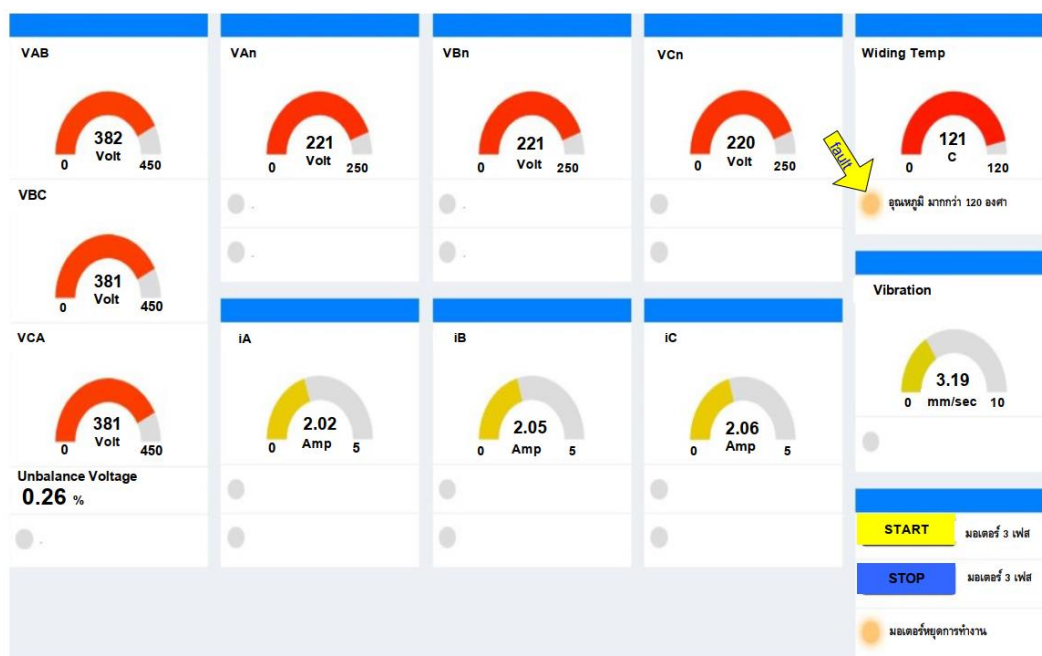
รูปที่ 16 การแสดงผลในสภาวะแรงดันต่ำเกิน



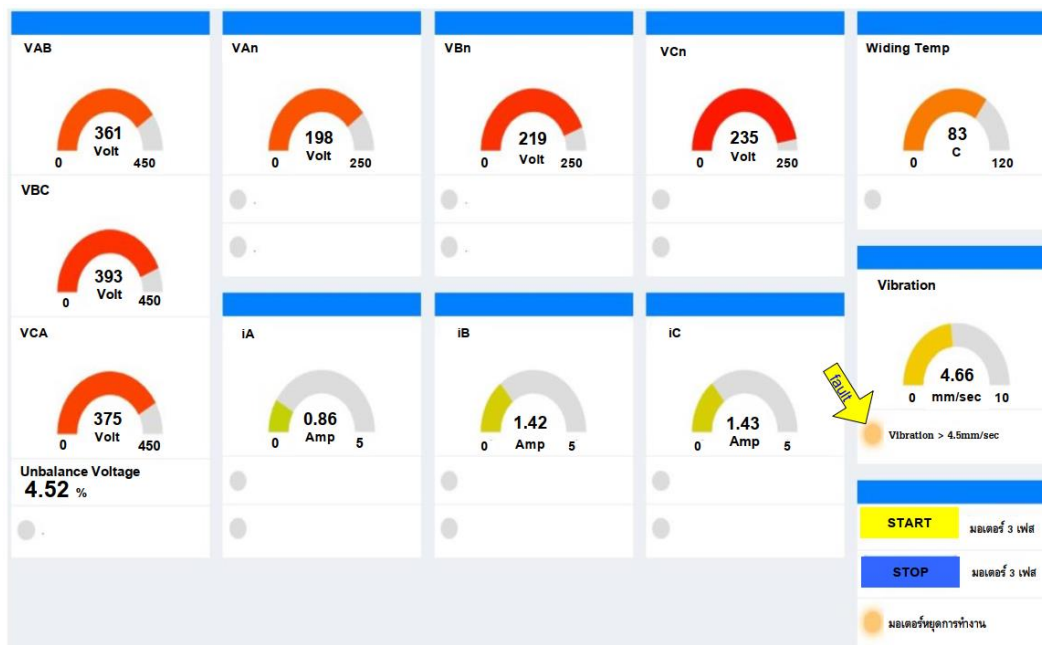
รูปที่ 17 การแสดงผลในสภาวะแรงดันสูงเกิน



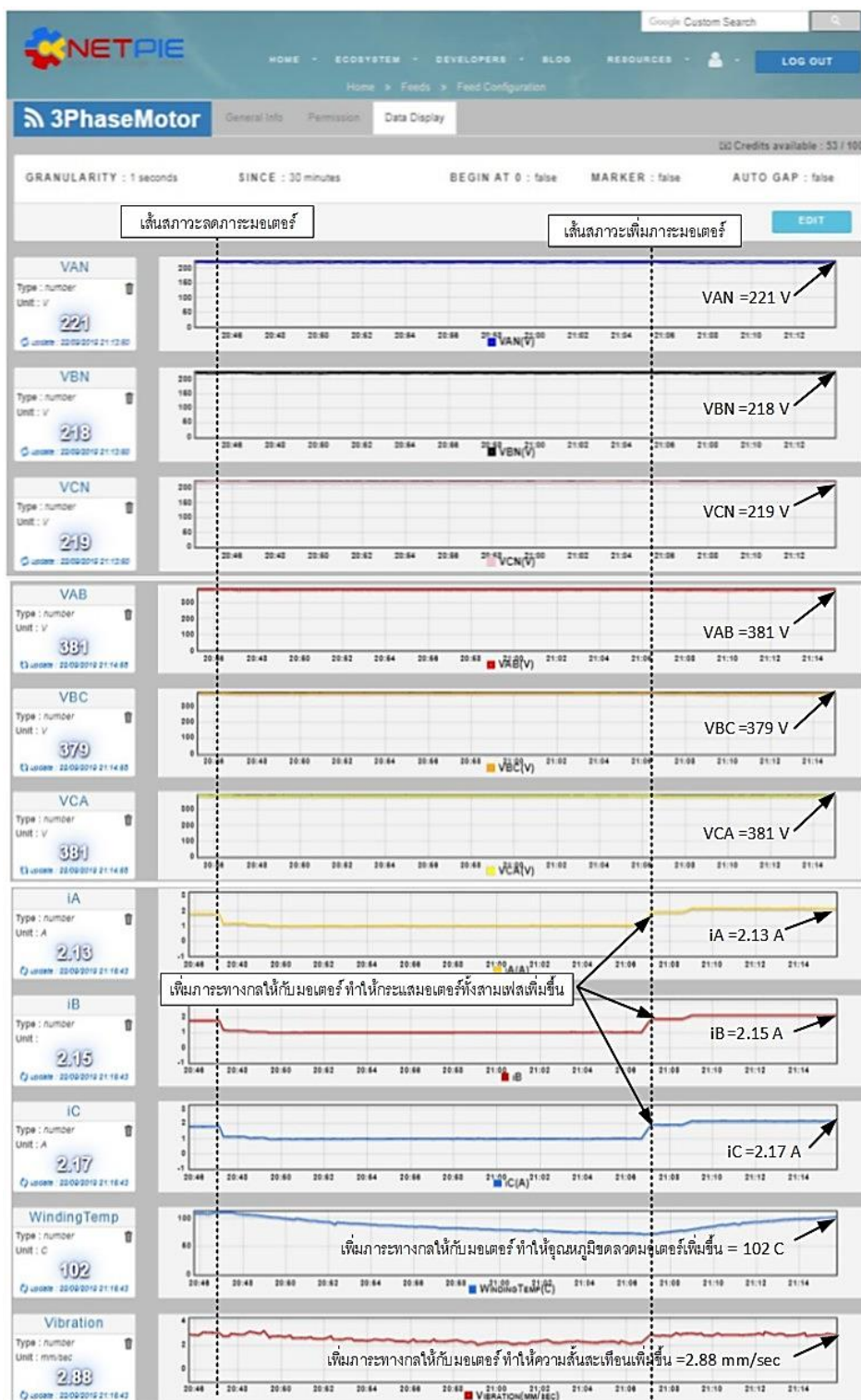
รูปที่ 18 การแสดงผลในสภาวะโอเวอร์โวลด์



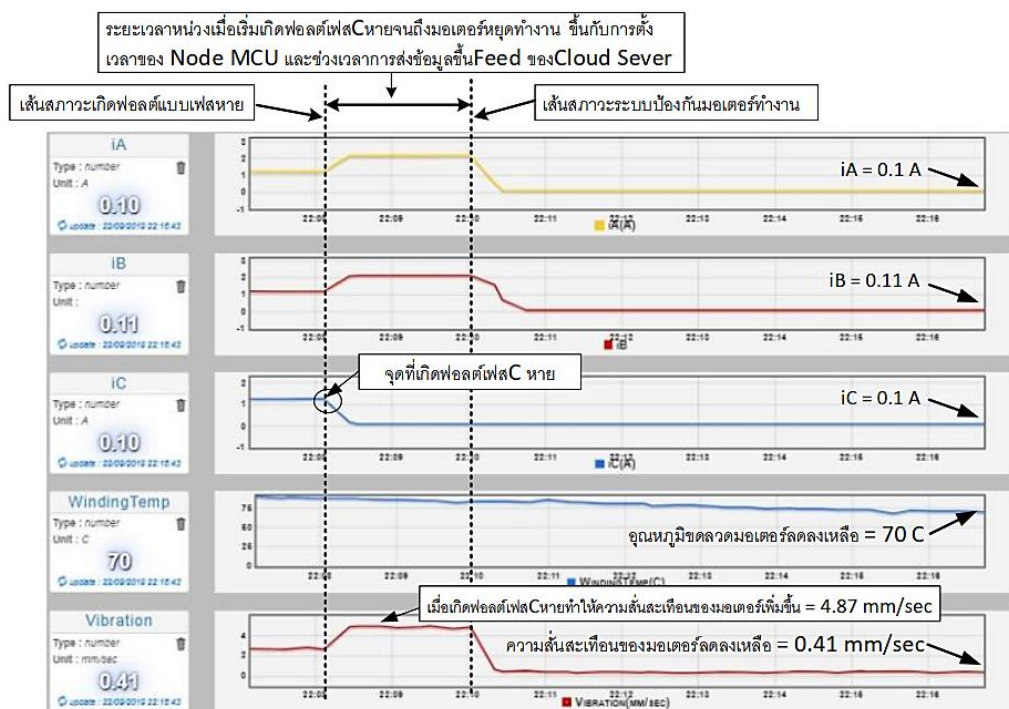
รูปที่ 19 การแสดงผลในสภาวะอุณหภูมิสูงเกิน



รูปที่ 20 การแสดงผลในสภาวะการสั่นสะเทือนมากเกินไป



รูปที่ 21 การบันทึกค่าสถานะต่างๆด้วยแพลตฟอร์มเน็ตพายในสภาวะปกติ



รูปที่ 22 การบันทึกค่าสถานะความผิดปกติด้วยแพลตฟอร์มเน็ตพาย

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1 สถานะปกติ

ในรูปที่ 13 การแสดงข้อความบน free board เน็ตพาย ซึ่งแสดงแรงดันของแต่ละเฟส แรงดันระหว่างเฟส กระแสแต่ละเฟส อุณหภูมิ และการสั่นสะเทือน ในช่วงปกติตลอดช่วงเวลาการทำงาน

4.2.2 สถานะเฟสหาย

ในรูปที่ 14 การแสดงข้อความบน free board เน็ตพาย สังเกตได้ว่ากระแส i_A มีค่า 2.21 แอมป์ i_B มีค่า 0.11 แอมป์ i_C มีค่า 2.23 แอมป์ ซึ่งพิจารณาได้ว่ากระแส i_B มีค่าน้อยมาก (0.11A) เสมือน 0A ซึ่งเหตุการณ์นี้อาจเกิดจากสายไฟฟ้าที่ต่ออยู่ด้านหลังแมกเนติกเกิดขาด ไฟแสดงเตือนจึงทำงานตรงกระแสเฟส B และมอเตอร์หยุดทำงาน

4.2.3 การแสดงผลในสภาวะแรงดันไม่สมดุล

จากรูปที่ 15 การแสดงข้อความบน free board เน็ตพายแรงดัน V_{An} มีค่า 238V แรงดัน V_{Bn} มีค่า 235V และ V_{Cn} มีค่า 200V พิจารณาได้ว่าแรงดันเฟส A มีค่า 238V เฟส B มีค่า 235V เฟส C มีค่าเพียง 200V ซึ่งมีค่าห่างกับเฟส A และ B ทำให้แรงดันทั้งระบบไม่มีความเสถียรส่งผลให้ไฟแจ้งเตือนแรงดันไม่สมดุลทำงาน

4.2.4 การแสดงผลในสภาวะแรงดันต่ำเกิน

จากรูปที่ 16 การแสดงข้อความบน free board เน็ตพายสังเกตได้ว่าแรงดัน V_{An} , V_{Bn} , V_{Cn} โดยแรงดันแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงกันแต่แรงดันมีค่าน้อยกว่า 198V คิดเป็น 10% ของ 220V ในอัตราส่วนที่ต่ำ โดยพิจารณาได้ว่าเป็นแรงดันที่ต่ำเกิน

4.2.5 การแสดงผลในสภาวะแรงดันสูงเกิน

จากรูปที่ 17 การแสดงข้อความบน free board นี้ได้พบสังเกตได้ว่าแรงดัน V_{An} , V_{Bn} , V_{Cn} โดยแรงดันแต่ละเฟสมีค่าใกล้เคียงกันแต่แรงดันมีค่ามากกว่า 242V คิดเป็น 10% ของ 220V ในอัตราส่วนที่มากกว่า โดยพิจารณาได้ว่าเป็นแรงดันที่สูงเกิน

4.2.6 การแสดงผลในสภาวะอุณหภูมิสูงเกิน

ในรูปที่ 19 การแสดงข้อความบน ฟรีบอร์ดนี้ได้พบสังเกตได้ว่าแรงดันแต่ละเฟส V_{An} , V_{Bn} , V_{Cn} แรงดันเฟสต่อเฟส V_{AB} , V_{BC} , V_{CA} และกระแสแต่ละเฟส i_A , i_B , i_C ทำงานอยู่ในเกณฑ์ปกติ สังเกตได้ที่อุณหภูมิสูง 121°C ในงานวิจัยได้ตั้งค่าอุณหภูมิไม่ให้เกิน 120°C ถ้าเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้มอเตอร์จะหยุดทำงานทันที (ซึ่งจำนวนมอเตอร์ตัวนี้ Class F ค่าอุณหภูมิสูงสุด 155°C)

4.2.7 สภาวะการสั่งสะเทือนเกิน

ในรูปที่ 20 กรณีที่เกิดสภาวะการสั่นสะเทือนเกินจะแสดงในรูปแบบของไฟแจ้งเตือนว่ามีเหตุการณ์ผิดปกติเมื่อมอเตอร์หยุดทำงานจะแสดงสถานะไฟแจ้งเตือนเช่นเดียวกัน ในรูปที่ 22 ยกตัวอย่างให้เห็นถึงการเกิดสภาวะความผิดปกติในเรื่องของกระแสเฟสใดเฟสหนึ่งหาย (Single Phasing) จากภาพสังเกตได้ว่ากระแสไฟฟ้าเฟส C หายส่งผลให้กระแสไฟฟ้าเฟส A และ B มีค่ากระแสเพิ่มขึ้นส่งผลกระทบให้ค่าการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เพิ่มขึ้นสูงถึง 4.87 mm/sec โดยเป็นค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้(ค่าที่รับได้ไม่เกิน 4.5 mm/sec)

4.3 การติดตามและบันทึกผล

รูปที่ 18 การบันทึกค่าสถานะต่างๆ ด้วยแพลตฟอร์มเน็ตพายในสภาวะปกติในรูปได้เปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มภาระทางกลให้กับมอเตอร์ทำให้กระแสทั้ง 3 เฟสเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเพิ่มขึ้น การสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น แต่ค่าต่างๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ มอเตอร์ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ ในรูปที่ 19 ยกตัวอย่างให้เห็นถึงการเกิดสภาวะความผิดปกติในเรื่องของกระแสเฟสหาย จากรูปสังเกตได้

ว่ากระแสไฟฟ้าเฟส C หายส่งผลให้กระแสไฟฟ้าเฟส A และ B มีค่ากระแสเพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบให้ค่าการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เพิ่มขึ้นสูงถึง 4.87 mm/sec โดยเป็นค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้ (ค่าที่รับได้ไม่เกิน 4.5 mm/sec) จนถึงระยะเวลาที่ตั้งค่าไว้ จากนั้นระบบควบคุมจะตัดการทำงานของแมกเนตที่ควบคุมมอเตอร์ออกทำให้กระแส i_A และ i_B มีค่าลดลง ส่งผลให้การสั่นสะเทือนลดลง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกบันทึกไว้ในคลาวเซอร์เวอร์ โดยสามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้ จะเป็นประโยชน์ในด้านการวิเคราะห์ วางแผน และป้องกันมอเตอร์ได้เป็นอย่างดี

5.สรุปผลการทดลอง

ในการออกแบบและสร้างชุดการติดตามและป้องกันความผิดปกติต่างๆ ได้แก่ สภาวะเฟสหาย สภาวะแรงดันไม่สมดุล สภาวะแรงดันต่ำเกิน สภาวะแรงดันสูงเกิน สภาวะโอเวอร์โหลด สภาวะอุณหภูมิสูงเกิน และงานของผู้จัดทำคือสภาวะการสั่นสะเทือนเกิน ขณะมอเตอร์ทำงานด้วยแพลตฟอร์มของเน็ตพายจากผลการวิจัยระบบป้องกันและติดตามดังกล่าว สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ทุกกรณี ในงานวิจัยนี้จะเน้นไปที่การป้องกันการสั่นสะเทือนมากเกินไปสาเหตุเพราะความผิดปกติลักษณะดังกล่าวนี้ ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง และส่งผลกระทบเป็นวงกว้าง ซึ่งจากผลการทดสอบเมื่อการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เพิ่มขึ้นสูงที่ 4.87 mm/sec ในช่วงระยะเวลาที่ตั้งไว้มอเตอร์จะหยุดการทำงานทันทีนอกจากนี้คลาวเซอร์เวอร์ของเน็ตพายสามารถแสดงข้อมูลที่แพลตฟอร์มเน็ตพายเพื่อดูข้อมูลในเวลาปัจจุบันหรือย้อนหลังผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ มือถือ แท็บเล็ต อื่นๆ ได้อีกด้วย งานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปต่อยอดโดยการนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ที่ใช้เครื่องจักรที่มีความไวต่อการสั่นสะเทือนเพื่อทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] Electric Power Systems and Equipment Voltage Ratings (60 Hertz), ANSI C84.1-1995
- [2] A. von Jouanne, B. Banerjee, "Assessment of Voltage Unbalance," IEEE Transaction on Power Delivery, vol.16, no.4, pp.782-790, Oct. 2001.
- [3] P. Pillay, M. Manyage, "Loss of Life in Induction Machines Operating with Unbalanced Supplies," IEEE Transaction on Energy Conversion, vol.21, no.4, pp.813-822, Dec. 2006.
- [4] A. Boglietti, R. Bojoi, S. Rubino, M. Cossale, "Load Capability of Multiphase Machines Under Normal and Open-Phase Fault Conditions," IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), USA, 23-27Sept. 2018, pp. 242-247.
- [5] Bon-Gwan Gu, "Study of IPMSM Interturn Faults Part II: Online Fault Parameter Estimation," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no.10, pp.7214-7223, Oct. 2016.
- [6] E.L. Brancato "Estimation of Lifetime Expectancies of motor," IEEE Electrical Insulation Magazine, vol. 8, no.3 pp.5-13, May-Jun. 1992.
- [7] I. Y. Onel, M. E. H. Benbouzid, "Induction Motor Bearing Failure Detection and Diagnosis: Park and Concordia Transform Approaches Comparative Study," IEEE International Electric Machines & Drivers Conference, vol. 13, no. 2, pp.257-262, Apr. 2008.
- [8] C. Verucchi, G. Bossio, J. Bossio, G. Acosta "Fault Detection in Gear Box with Induction Motors: an Experimental Study," IEEE Latin America Transactions, vol. 14, no. 6, pp.2726-2731, Jun. 2016.
- [9] R. Bayindir, I. Colak, I. Sefa, A. Bektas, "Fault Detection and Protection of Induction Motors Using Sensors," IEEE Transaction on Energy Conversion, vol. 23, no.3, pp.734-741, Oct. 2008.
- [10] I. Colak, H. Celik, I. Sefa, S. Demirbas, "On Line Protection Systems for Induction Motors" Energy Conversion and Management, vol. 46, Issue 17, pp.2773-2786, Oct. 2005.
- [11] สิริวิช ทัดสวน ประสิทธิ์ สุขเสริม, "การพัฒนาการป้องกันฟอลต์และเฝ้าติดตามมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด 3 เฟส ด้วยอินเทอร์เนตของสรรพสิ่ง", วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต ปีที่ 9 ฉบับที่ 2, พฤษภาคม-สิงหาคม. 2562. 105.(in Thai).
- [12] Wikipedia "มาตรฐานการวัดค่าความสั่นสะเทือน" Available: savemotor.com/article-th-87266-มาตรฐานการวัดค่าความสั่นสะเทือน+ISO+2372.html.

ประวัติผู้ประพันธ์:



กิตติภูมิ เรืองฤทธิ์ :สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (วศ.บ.ไฟฟ้า)มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

งานวิจัยที่สนใจ คุณภาพกำลังไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์กำลัง



ณัฐวุฒิ ขวาวนิช:สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาโท(M.Scไฟฟ้า)
มหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์
ปัจจุบันเป็นดำรงตำแหน่งผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า งานวิจัยที่

สนใจ พลังงานทดแทน ไฟฟ้าแรงสูง



เอกชัย มุจกลินท์วิมุติ:สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาเอก
(วศ.ด.ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

งานวิจัยที่สนใจ ตัวจ่ายกำลังโหมคสวิตช์ การประยุกต์
ทฤษฎีการควบคุมแบบไม่เชิงเส้น การควบคุมแบบ
ดิจิทัล



เชิดชัย ประภาณวรัตน์:สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาเอก
(Ph.D.ไฟฟ้า)มหาวิทยาลัย
แมนเชสเตอร์ ปัจจุบันเป็น
อาจารย์ประจำสาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า

งานวิจัยที่สนใจ พลังงานทดแทน การประยุกต์ใช้
พลังงานแสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การพัฒนาแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นแบบอัตโนมัติสำหรับ กระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ Development of Automatic Vision Gripper for Electronic Circuit Board Production

บุญเลิศ สือเฉย^{1*}, อิศราพร มีทอง^{1*} และ มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์²
Boonlert Suechoey^{1*}, Itsaraporn Meethong^{1*} and Monthon Leelajindakrairerk²

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ผู้พิมพ์ประสานงาน : boonlerts@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 25 มีนาคม 2563 / วันที่แก้ไขบทความ: 20 มิถุนายน 2563 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 23 มิถุนายน 2563

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์และการประเมินผลการทำงานของแขนกลจับชิ้นงานร่วมกับการทำงานเชิงการมองเห็นอัตโนมัติของวิทัศน์ (Vision) เพื่อใช้ในการหยิบชิ้นงานได้อย่างแม่นยำและลดความเสียหายของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากแขนกลหยิบชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง ซึ่งเป็นการหยิบชิ้นงานที่มีความร้อนสูงจากกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยชิ้นงานดังกล่าวจะทำหน้าที่คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม ก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้ตะกั่วบนแผ่นอิเล็กทรอนิกส์แข็งตัว จากผลการทดสอบความแม่นยำในการหยิบชิ้นงานของแขนกลที่พัฒนาขึ้น สามารถหยิบชิ้นงานขนาด 1.5x18 ซม. ใช้กล้องเลนส์โฟกัส 50 มม. ความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ได้อย่างแม่นยำ มีค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนสูงสุด 0.11 % ผลจากการประเมินวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง สำหรับการออกแบบแขนกลจับชิ้นงานที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในครั้งต่อไป ทำให้ผู้ออกแบบสามารถค้นหาจุดบกพร่องในการออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการผลิต อันจะทำให้แขนกลที่ได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดความเสียหายของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากการจับชิ้นงาน เพิ่มผลผลิต และลดเวลาในการทำงานได้ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ และยังสามารถนำไปใช้ในการออกแบบแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นอัตโนมัติสำหรับกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคตได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : แขนกล 6 แกน, กล้อง, ความคลาดเคลื่อน

Abstract: This research presents an analysis and evaluation of the manipulator arm together with the automatic vision operation of vision for using in precise picking of work

pieces and reducing the sheet damage. Electronic circuit board caused by the robot arm picking the workpiece in the wrong position which is the picking of the work that has high temperature from the electronic circuit board production process. The work piece will lock the electronic device to prevent it from moving to its original position. Before entering the process of solidifying the lead on the electronic board, from the accuracy test of the workpiece pick the developed robot arm that is able to pick up the work piece of 1.5x18 cm, use the 50 mm lens camera, 5 megapixel resolution, precisely the maximum error is 0.11%. The result of evaluating and analyzing various information and the test results will be used as a reference for the design of the robot arm to hold the work piece with better quality. This allows designers to find the design faults and use raw materials for production. This will make the robot arms, analyzed and designed to be more efficient, can reduce the damage of electronic boards caused by the workpiece grips, increase productivity and reduce working time as targeted. In addition, the result can also be used in the design of a robotic arm to capture automated workpieces for future electronic board production processes.

Keywords: Articulate, Camera, Discrepancy

1. บทนำ

หุ่นยนต์นับเป็นกลไกสำคัญของกระบวนการผลิตด้านอุตสาหกรรม ระบบการผลิตที่มีความเสถียรภาพและคุณภาพสูงจะมีผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดและมีต้นทุนต่ำ การใช้หุ่นยนต์ในรูปแบบของแขนกลจับชิ้นงาน ที่ถูกออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับแขนของมนุษย์ในบางครั้งเมื่อนำมาใช้ร่วมกับชิ้นงานที่ไม่ได้อยู่ในตำแหน่งเดิมจากต้นทางหรือชิ้นงานที่มีโอกาสเคลื่อนที่ตลอดเวลาจะทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหายอยู่เสมอ[1-2] ดังนั้นถ้าผู้ผลิตสามารถออกแบบและผลิตแขนกลจับชิ้นงานที่เคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิมได้อย่างแม่นยำตามมาตรฐานที่กำหนดจะทำให้ปัญหาชิ้นงานเกิดความเสียหายจากแขนกลลดน้อยลง และสามารถช่วยให้ระบบกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีเสถียรภาพ[3] ลดต้นทุนจากแรงงานมนุษย์ เพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพได้ตามเป้าหมายที่กำหนดมากขึ้น

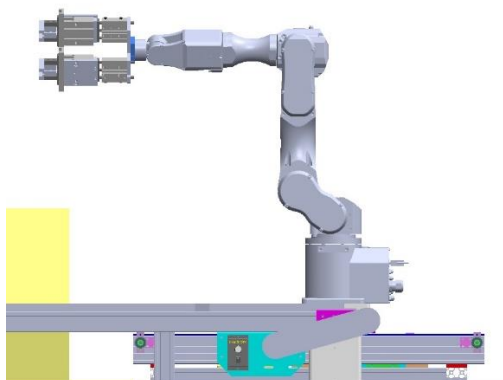
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการนำผลจากการออกแบบแขนกลจับชิ้นงานและผลจากการทดสอบจริง

มาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบระหว่างการทำงานของแขนกลด้วยกลไกตัวเอง กับแขนกลที่ทำงานร่วมกับระบบวิทัศน์ (Vison) เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นแนวทางและอ้างอิงในการใช้งานแขนกลแก้ไขพัฒนาการออกแบบแขนกลจับชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเป็นไปตามข้อกำหนดของกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2. ทฤษฎี

2.1 แขนกล 6 แกน (Articulate)[4-5]

เนื่องจากพื้นที่ทำงานจริงเป็นพื้นที่แคบทำให้การเคลื่อนที่ของแขนกลค่อนข้างยากจึงต้องเลือกแขนกลที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ มีองศาในการเคลื่อนที่เยอะพอสมควร ในการพัฒนาแขนกลหยิบชิ้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แขนกล 6 แกน (Articulate) เป็นแขนกลที่มีจุดต่อทำงานคล้ายแขนของมนุษย์เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ สามารถทำงานในพื้นที่แคบได้ดี และรับน้ำหนักของชิ้นงานได้ 3-4 กิโลกรัม ซึ่งเหมาะสมที่สุดกับงานวิจัยในครั้งนี้ ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 แบบแขนกล 6 แกนที่ใช้ในการทำวิจัย

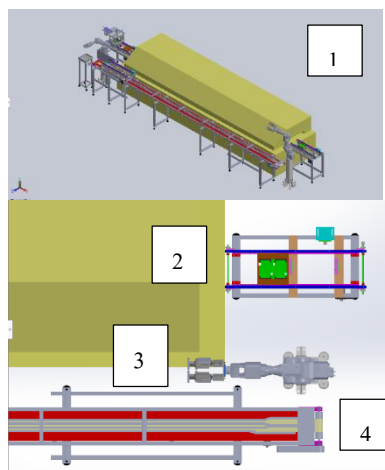


รูปที่ 2 แขนกล 6 แกนที่ใช้ในงานจริง

2.2 การประยุกต์ใช้งานแขนกลในการหยิบจับชิ้นงาน (Pick & Place)

การหยิบจับชิ้นงานจากที่หนึ่งไปวางอีกที่หนึ่ง ซึ่งการใช้แขนกลนี้จะสามารถเคลื่อนย้ายชิ้นงานได้ตามตำแหน่งที่ต้องการอย่างแม่นยำและสามารถทำงานด้วยความเร็วสูงและคงที่โดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Control; PLC) และโปรแกรมหุ่นยนต์ในการควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ ระบบการทำงานของแขนกลที่นำมาประยุกต์ใช้งานในวิจัยนี้คือ แขนกลจะหยิบจับชิ้นงาน 2

ชิ้นที่วางบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) โดยชิ้นงานดังกล่าวจะถูกวางมาแล้วจากแขนกลด้านหน้าแล้วลำเลียงโดยสายพานลำเลียงผ่านเตาที่มีอุณหภูมิความร้อนสูงเพื่อให้ตะกั่วบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์แข็งตัว เมื่อแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่มาถึงแขนกลหยิบจับ แขนกลจะทำการหยิบชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้นไปวางบนสายพานลำเลียงชิ้นงานกลับไปด้านหลัง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบระบบการทำงานของแขนกล

จากรูปที่ 3 ภาพหมายเลข 1 จะเป็นกระบวนการผลิตแผ่นอิเล็กทรอนิกส์โดยรวม เป็นจุดที่ได้ผลิตแขนกลเข้าไปแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนภาพหมายเลข 2, 3, 4 จะเป็นภาพจากแบบด้านบน ซึ่งในแบบจะแบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนแรก คือ ชิ้นงานในรูปหมายเลข 2 เป็นส่วนของสายพานลำเลียงลำเลียงชิ้นงานจากด้านหน้า ส่วนที่สอง คือ ชิ้นงานในรูปหมายเลข 3 เป็นส่วนของแขนกลหยิบชิ้นงาน และส่วนที่สาม ชิ้นงานหมายเลข 4 คือ สายพานลำเลียงชิ้นงานกลับไปด้านหลัง เป็นสายพานลำเลียงลำเลียงชิ้นงานที่แขนกลหยิบ กลับไปยังกระบวนการทำงานด้านหน้าเพื่อใช้กับแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

2.3 การระบุตำแหน่งของแขนกล

ใช้ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate system) เป็นระบบที่ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดแต่ละจุดบนระนาบโดยอ้างอิงถึงตัวเลข 2 จำนวน ซึ่งแต่ละจำนวนเรียกว่า พิกัด X และพิกัด Y ของจุดนั้น กำหนดพิกัดของจุดจะต้องมีเส้นแกนสองเส้นตัดกันเป็นมุมฉากที่จุดกำเนิด ได้แก่ แกน X และแกน Y ซึ่งเส้นแกนดังกล่าวจะมีหน่วยบอกความยาวเป็นระยะทาง ระบบพิกัดคาร์ทีเซียนยังสามารถใช้ได้ทั้งในปริภูมิสามมิติ (ซึ่งจะมี แกน Z และ พิกัด Z เพิ่มเข้ามา) ในส่วนนี้ถ้าเป็นระบบปกติไม่ใช้วิทัศน์ร่วมจะสามารถระบุตำแหน่งให้แขนกลด้วยการป้อนค่าโดยตรง แต่งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิทัศน์ในการมองเห็นของแขนกล การส่งค่าตำแหน่งของชิ้นงานจะเป็นหน้าที่ของวิทัศน์ แขนกลจะทำหน้าที่ในการรับค่าและทำงานตามค่าพิกัดที่ได้รับมา ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการหยิบชิ้นงานของแขนกล

จากรูปที่ 4 แสดงภาพในขณะที่แขนกลหยิบชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น บนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อไปวางบนสายพานลำเลียง โดยใช้กล้องในการหาพิกัดตำแหน่งชิ้นงาน แล้วส่งตำแหน่งที่กล้องมองเห็นให้กับแขนกลเพื่อไปหยิบชิ้นงานนั้น

2.4 การควบคุมด้วยพีแอลซี (PLC)

ในงานวิจัยนี้จะใช้พีแอลซี(PLC) ในการควบคุมแขนกลให้ทำงานร่วมกับระบบลำเลียงแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ทำงานตามกระบวนการการผลิตได้อย่างถูกต้อง โดยจะให้พีแอลซีรับสัญญาณจากอุปกรณ์ที่ต่อกับช่องรับสัญญาณ (Input Terminals) ของพีแอลซี สัญญาณที่พีแอลซีรับจะมี 2 แบบ คือ สัญญาณดิจิทัลและสัญญาณอนาล็อก สัญญาณดิจิทัลก็คือสัญญาณที่มีการเปิด-ปิด ในการรับสัญญาณความถี่สูงรีเลย์รับสัญญาณของ พีแอลซี จะต้องมีความไวในการตอบสนองให้ทันกับสัญญาณด้วย โดยผู้ผลิตได้ออกแบบให้รีเลย์รับสัญญาณมี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้รับความถี่ต่ำ และแบบที่ใช้รับความถี่สูง สำหรับสัญญาณแบบอนาล็อกก็คือแรงดันกระแสไฟฟ้าซึ่งป้อนให้พีแอลซีโดยใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ เมื่อพีแอลซีได้รับสัญญาณแล้วก็นำสัญญาณนั้นไปแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัล และนำไปใช้ในโปรแกรม ส่วนผลลัพธ์โปรแกรมจะส่งมาที่ตัวส่งสัญญาณของพีแอลซี โดยตัวส่งสัญญาณของพีแอลซี แบบดิจิทัลจะจ่ายสัญญาณดิจิทัลเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ที่ต่อกับพีแอลซี ในส่วนตัวส่งสัญญาณของพีแอลซีแบบอนาล็อกก็จะจ่ายแรงดันกระแสไฟฟ้าออกมาได้ งานวิจัยนี้เลือกใช้พีแอลซี รุ่น PLC KV 5000 เพราะแขนกลรับสัญญาณจากพีแอลซีผ่าน Hostlink ส่วน FMI สื่อสารกับพีแอลซี ผ่าน (VTStudio) และ คอมพิวเตอร์ สื่อสารกับ พีแอลซีผ่านพีแอลซี รุ่น KVStudio KV 5000 จึงเหมาะสมที่สุดกับงานวิจัยนี้เพราะมีทุกฟังก์ชัน (Function) ที่ต้องใช้งานจึงไม่ต้องใช้โมดูลเสริมเพิ่มเติม ดังรูปที่ 5



ความเร็วการประมวลผล คำสั่ง LD/OUT : 10 ns	ความจุโปรแกรม 260k ระดับ
พอร์ต Ethernet/FL-net	พอร์ต USB
การ์ดหน่วยความจำ SD	ไคลเอนท์/เซิร์ฟเวอร์ FTP
Simple PLC link	I/O หลายฟังก์ชัน
การสื่อสารผ่านหัวเสียบ	

รูปที่ 5 คุณสมบัติของพีแอลซี รุ่น PLC KV 5000

2.5 การประมวลผลภาพและการมองเห็นของเครื่องจักร

การใช้ระบบวิทัศน์ควบคุมแขนกลสำหรับการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อกล้องมองเห็นคอมพิวเตอร์ตรวจพบวัตถุในมุมมองกล้องจะค้นหาและตั้งค่าพิกัด x และ y ของวัตถุที่สัมพันธ์กับมุมซ้ายบนของภาพ - 0, 0 แขนกล ทำงานด้วยระบบพิกัดของตัวเองซึ่งมีตั้งต้นอยู่ที่จุด 0 ของตัวเองซึ่งมักจะไม่ตรงกับที่ใช้ระบบการมองเห็น เพื่อให้การสื่อสารระหว่างเซ็นเซอร์และแขนกลง่ายขึ้นและทำให้แขนกลดำเนินการได้อย่างถูกต้องระบบการมองเห็นจะเปลี่ยนพิกัดของแขนกลเนื่องจากความเป็นไปได้นี้จะแปลงข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของจุดสนใจในระบบอ้างอิงกล้องเป็นระบบพิกัดของอุปกรณ์ระบบการมองเห็น

นอกเหนือจากพิกัดตำแหน่ง x และ y แล้วระบบยังจะต้องบอกพิกัด rota theta 0 หรือมุมการหมุนของวัตถุเป้าหมาย การรวมพิกัด 0 ช่วยให้แขนกลสามารถกำหนดได้ว่าส่วนนี้อยู่ที่ใดและสามารถหยิบมันได้ เครื่องมือการมองเห็นสามารถรายงานตำแหน่งของวัตถุและวิธีการหมุนดังนั้นแขนกลสามารถปรับตัวเองได้อย่างเหมาะสมก่อนที่จะหยิบวัตถุและปฏิบัติงาน ในระบบวิทัศน์งานวิจัยนี้เลือกใช้กล้องเลนส์โฟกัส 50 มม. เพราะได้ทำการทดสอบว่าในระยะตำแหน่งกล้องถึงชิ้นงาน และขนาดชิ้นงานที่ใช้ในงานจริง เลนส์ระยะนี้ภาพจะออกมาชัดที่สุดเมื่อเทียบกับเลนส์ค่าโฟกัสอื่นๆ ดังรูปที่ 6



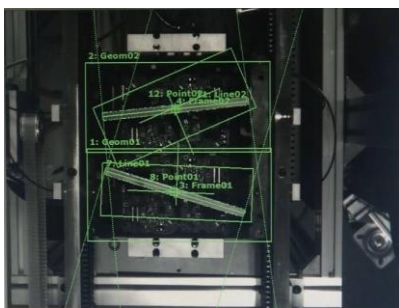
รูปที่ 6 กล้องที่ใช้ในการทำวิจัย

2.6 การตรวจจับขอบวัตถุ

การหาขอบภาพเป็นการหาขอบเขตของวัตถุภายในภาพซึ่งขอบเขตของวัตถุจะเป็นส่วนที่เด่นและมีความสำคัญมากที่สุดที่จะนำไปสู่การรู้จักวัตถุนั้นๆ โดยคอมพิวเตอร์จะเห็นได้ว่าการหาขอบภาพเป็นการหาจุดเด่นของวัตถุนั้นเอง ลักษณะที่เด่นของวัตถุที่เรามองเห็นโดยทั่วไปก็คือ ส่วนที่เป็นเส้นหรือส่วนที่เป็นขอบของวัตถุ เมื่อมีแสงมากระทบก็จะมีแสงสว่างมากกว่าส่วนอื่น โดยทั่วไปลักษณะของขอบภาพที่ดีจะต้องมีความบาง คือ จุดที่เป็นขอบภาพจะต้องมีความกว้างเพียงจุดเดียวเท่านั้น ลักษณะที่สองจะต้องมีความต่อเนื่อง โดยจุดของขอบภาพในวัตถุเดียวกันมีความต่อเนื่องกัน ถ้าจุดที่เป็นขอบภาพมีอยู่เพียงจุดเดียว โดย

ไม่ต่อเนื่องในย่านใกล้เคียงเลย อาจจะเป็นขอบภาพที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจจะเป็นสัญญาณรบกวนได้ ลักษณะที่สาม คือ ตำแหน่งของจุดที่เป็นขอบภาพควรมีความถูกต้องโดยขอบที่มีความถูกต้องนั้นจะต้องอยู่ในส่วนที่มีค่าความเข้มของจุดภาพที่สูงกว่า

การตรวจจับขอบของชิ้นงานมีหลักการทำงานโดยเมื่อระบบวิทัศน์ได้รับภาพเข้ามา ระบบจะหาชิ้นงานที่มีลักษณะเหมือนเฟรมภาพที่ได้ทำการป้อนข้อมูลไว้ในตอนตั้งค่าโปรแกรมและระบบกล้อง หลังจากนั้นจะหาจุดเริ่มต้นกับจุดสุดท้ายของชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น เมื่อได้จุดนั้น วิทัศน์จะหาจุดกึ่งกลางขนาดความกว้างของชิ้นงานด้านบนและด้านล่าง และใช้จุดกึ่งกลางที่ได้ในการหาจุดกึ่งกลางอีกครั้ง เพื่อกำหนดขอบของชิ้นงานให้กึ่งกลางที่มากที่สุด แผลกลจะได้อธิบายชิ้นงานอย่างแม่นยำ ดังรูปที่ 7

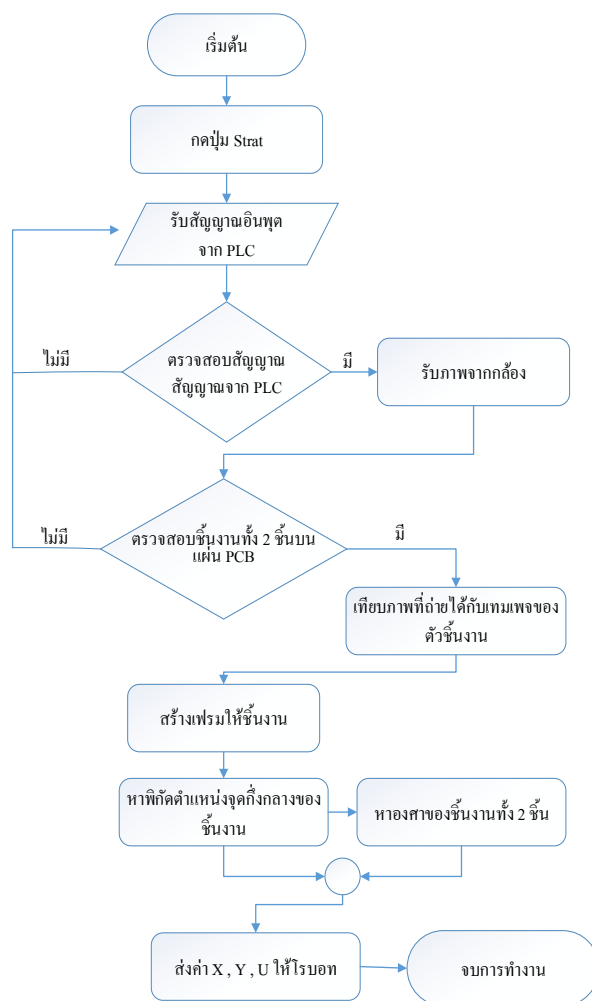


รูปที่ 7 การจับขอบของชิ้นงานในระบบวิทัศน์

จากรูปที่ 7 ระบบวิทัศน์สามารถจับขอบภาพของชิ้นงานได้อย่างสมบูรณ์เพราะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ ระยะตำแหน่งกล้องถึงชิ้นงาน 90 ซม. และขนาดชิ้นงานที่ใช้ในงานจริง 1.5 x 18 ซม. ใช้กล้องเลนส์โฟกัส 50 ซม. ความละเอียด 5 ล้านพิกเซลเหมาะสมที่สุดในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ขนาดของวัตถุที่ใช้จึงไม่ผิดต่อระบบวิทัศน์ในการทดสอบนี้ แต่ถ้ามมีการเปลี่ยนระยะกล้องถึงวัตถุจะต้องทดสอบกล้อง

และขนาดเลนส์โฟกัสที่เหมาะสมในการใช้งานกับชิ้นงานนั้นอีกครั้ง

แผนกลหีบชิ้นงานจะแบ่งการทำงานของ เป็น 2 ส่วน คือ การทำงานของระบบวิทัศน์ และการทำงานของแขนกลเอง ซึ่งหลักการทำงานของระบบวิทัศน์จะอยู่ในรูปที่ 8 ส่วนหลักการทำงานของแขนกลหีบชิ้นงานทั้งเครื่อง โดยรวมจะเขียนอธิบายเป็นขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 10

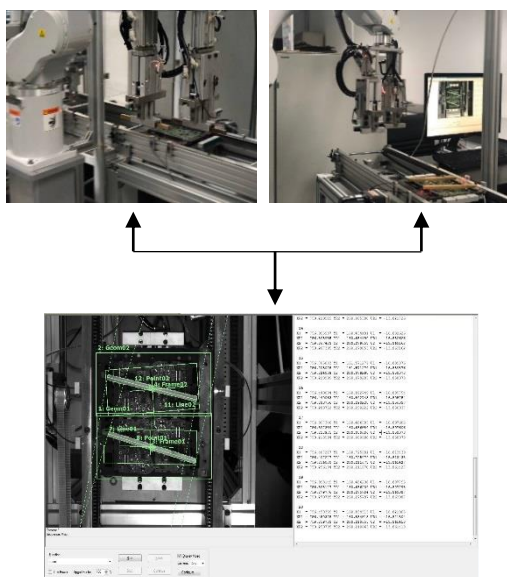


รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำงานของระบบวิทัศน์

3. ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 การทดสอบความแม่นยำแกนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์และแบบมีระบบวิทัศน์

จากวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย จะดำเนินงานวิจัยโดยเริ่มจากการทดสอบความแม่นยำในการหยิบจับของแกนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์ก่อน โดยทดสอบแบบนี้จะสามารถเก็บค่าได้จากแกนกลเลขโดยตรงซึ่งจะไม่มีภาพวัตถุปรากฏให้เห็นในโปรแกรมเหมือนการทดสอบแบบระบบวิทัศน์ เมื่อทดสอบความแม่นยำของแกนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์เสร็จก็จะทำการทดสอบความแม่นยำของแกนกลแบบมีระบบวิทัศน์ วงจรการทดสอบแสดงดังรูปที่ 9



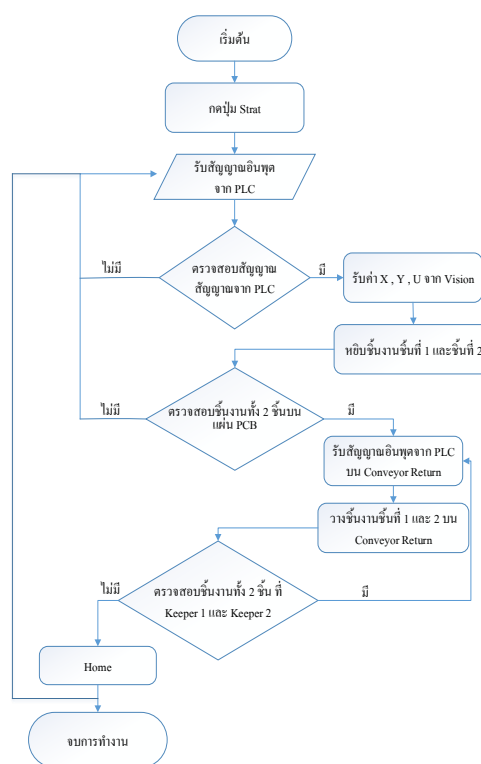
รูปที่ 9 ขั้นตอนการทดสอบแกนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์และมีระบบวิทัศน์

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

สำหรับหลักการทำงานของแกนกล หยิบจับแบบไม่มีระบบวิทัศน์และมีระบบวิทัศน์เพื่อหาแบบการทำงานของแกนกลหยิบจับชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพความแม่นยำมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 10

4.1 ผลการทดสอบ

การเก็บข้อมูลการทดสอบความแม่นยำในการหยิบชิ้นงานของแกนกลจะเก็บข้อมูลโดยแบ่งเป็น 2 ชุด จะเก็บค่าตำแหน่ง X, Y, U ซึ่งในตารางด้านล่างจะสังเกตได้ว่าตำแหน่งค่า X, Y, U จะมี 2 ชุด นั้นหมายความว่า X1, Y1, U1 คือค่าที่ได้จากการหยิบชิ้นงานชิ้นที่ 1 จากแกนกลและ XR1, YR1, UR1 คือค่าที่ได้จากการหยิบชิ้นงานชิ้นที่ 1 จากวิทัศน์ ส่วนค่า X2, Y2, U2 คือค่าที่ได้จากการหยิบชิ้นงานชิ้นที่ 2 จากแกนกลและ XR2, YR2, UR2 จากงานวิจัยนี้จะทดสอบวางชิ้นงานทั้งสองชิ้นในตำแหน่งที่แตกต่างกัน 5 ตำแหน่ง และจะทดสอบหยิบชิ้นงานตำแหน่งละ 20 รอบ ซึ่งการเก็บข้อมูลนี้เป็นการทดสอบความคลาดเคลื่อนของแกนกลเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งชิ้นงานที่ถูกต้องนั่นคือจุดมาสเตอร์ซึ่งมีค่าดังตารางที่ 1



รูปที่ 10 ขั้นตอนการทำงานของแกนกลหยิบชิ้นงาน

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานของชิ้นงานที่ 1 และชิ้นที่ 2 ใน 5 ตำแหน่ง แบบมีระบบวิทัศน์และแบบไม่มีระบบวิทัศน์

ค่ามาตรฐานชิ้นงานชิ้นที่ 1						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X1 (mm)	Y1 (mm)	U1 (°)	XR1 (mm)	YR1 (mm)	UR1 (°)
1	756.4556	160.7664	-16.8364	756.4556	160.7664	-16.8364
2	756.6734	160.9927	-12.7739	756.6734	160.9927	-12.7739
3	755.6902	159.2441	13.2310	755.6903	159.2441	13.2310
4	754.4612	138.8046	-8.3611	754.4612	138.8046	-8.3611
5	756.0417	168.5466	10.9815	756.0417	168.5466	10.9815
ค่ามาตรฐานชิ้นงานชิ้นที่ 2						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X2 (mm)	Y2 (mm)	U2 (°)	XR2 (mm)	YR2 (mm)	UR2 (°)
1	759.2180	260.0652	-13.8652	759.2180	260.0652	-13.8652
2	758.8805	262.1523	8.0900	758.8805	262.1523	8.0900
3	758.2934	257.2120	-8.6868	758.2934	257.2120	-8.6868
4	760.7959	270.6493	-6.9779	760.7959	270.6493	-6.9780
5	759.2297	268.6077	-7.0269	759.2297	268.6077	-7.0269

4.1.1 ผลการทดสอบระบบความแม่นยำของชิ้นงานชิ้นที่ 1 และชิ้นงานที่ 2 ใน 5 ตำแหน่ง แบบมีระบบวิทัศน์และไม่มีระบบวิทัศน์

การเก็บข้อมูลการทดสอบความแม่นยำในการหยิบชิ้นงานของแขนกลในส่วนที่ใช้ระบบวิทัศน์ จะใช้

หลักการจากการวิเคราะห์ภาพชิ้นงานที่กล้องเจอ กล้องจะเปรียบเสมือนสายตาให้กับแขนกลในการเคลื่อนที่หาวัตถุ ส่วนการเก็บข้อมูลแบบไม่ใช้ระบบวิทัศน์ จะใช้การป้อนค่าในการสั่งการแขนกลผ่านโปรแกรมหุ่นยนต์ ซึ่งจะได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบความแม่นยำของแขนกลด้วยระบบแบบมีระบบวิทัศน์ และไม่มีระบบวิทัศน์
ของชิ้นงานชิ้นที่ 1 และชิ้นงานที่ 2 ใน 5 ตำแหน่งที่ต่างกัน

ชิ้นงานชิ้นที่ 1						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X1 (mm)	Y1 (mm)	U1 (°)	XR1 (mm)	YR1 (mm)	UR1 (°)
1	756.4475	160.8381	-16.8231	756.4475	160.8381	-16.8231
2	757.3698	160.8247	-12.7926	757.3698	160.8246	-12.7926
3	755.6922	159.1851	13.2308	755.6922	159.1851	13.2308
4	754.4634	138.7543	-8.3625	754.4634	138.7543	-8.3625
5	756.0407	168.6655	10.9880	756.0407	168.6655	10.9880
ชิ้นงานชิ้นที่ 2						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X2 (mm)	Y2 (mm)	U2 (°)	XR2 (mm)	YR2 (mm)	UR2 (°)
1	759.2500	268.1827	-12.4725	759.2500	260.1827	-7.0225
2	758.9065	262.0529	8.0666	758.9065	256.0529	8.0666
3	758.3080	257.2716	-8.7127	758.3081	257.2716	-8.71267
4	759.7958	270.7041	-6.9756	760.7958	270.7041	-6.9756
5	759.2389	268.6316	-7.0227	759.2389	268.6316	-7.0227

4.1.2. ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดสอบระบบ โดยที่ X_t คือ ค่าจริง
ความแม่นยำของชิ้นงานชิ้นที่ 1 และชิ้นงานที่ 2 ใน 5 X_{men} คือ ค่าที่ได้จากการวัด
ตำแหน่ง แบบมี และไม่มี

การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน จากสมการข้างต้นจะได้ค่าความคลาดเคลื่อน
สามารถหาได้จากสมการ ดังตารางที่ 3

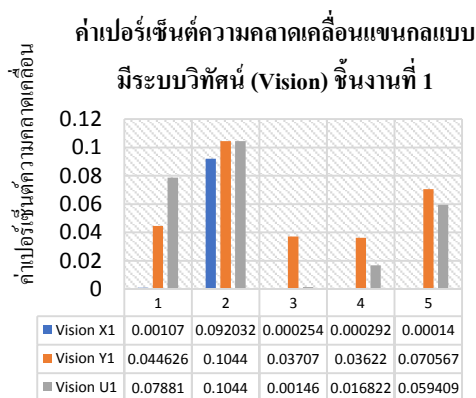
$$\% \text{ Error} = \left\{ \left| \frac{X_{men} - X_t}{X_t} \right| \right\} \times 100 \quad (1)$$

ตารางที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระบบแขนกลแบบมีระบบวิทัศน์และไม่มีระบบวิทัศน์ของชิ้นงาน
ชิ้นที่ 1 และชิ้นงานที่ 2 ใน 5 ตำแหน่งที่ต่างกัน

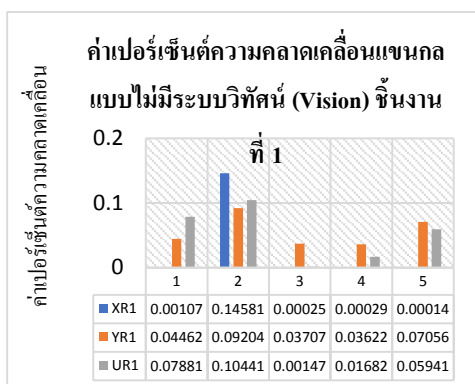
ชิ้นงานชิ้นที่ 1						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X1 (mm)	Y1 (mm)	U1 (°)	XR1 (mm)	YR1 (mm)	UR1 (°)
1	0.0011	0.0446	0.0788	0.0011	0.0446	0.07881
2	0.0920	0.1044	0.1044	0.1458	0.0920	0.1044
3	0.0003	0.0371	0.0015	0.0003	0.0371	0.0015
4	0.0010	0.0362	0.0168	0.0003	0.0362	0.0168
5	0.00014	0.0706	0.0594	0.0001	0.0706	0.05941
ชิ้นงานชิ้นที่ 2						
ตำแหน่ง	ระบบวิทัศน์ (Vision)			ระบบหุ่นยนต์ (Robot)		
	X2 (mm)	Y2 (mm)	U2 (°)	XR2 (mm)	YR2 (mm)	UR2 (°)
1	0.0042	3.1213	10.0446	0.0042	0.0452	0.0486
2	0.0034	0.0380	0.2892	0.0034	2.3267	0.2892
3	0.0019	0.0232	0.2980	0.0019	0.0232	0.2980
4	0.1315	0.0201	0.0339	1.4327	0.0202	0.0339
5	0.0012	0.0089	0.0597	0.0012	0.0089	0.0597

4.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

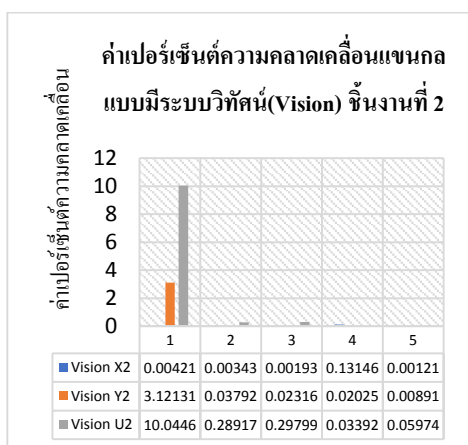
จากตารางที่ 1, 2 และตารางที่ 3 จะทำให้ทราบถึงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนการทำงานของแขนกลด้วยตัวเองในและการทำงานของแขนกลร่วมกับระบบวิทัศน์ สามารถแสดงค่าเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนการทำงานของแขนกลด้วยตัวเองจากชิ้นงานทั้ง 2 ดังรูปที่ 12 และรูปที่ 14 ส่วนการทำงานของแขนกลร่วมกับระบบวิทัศน์ จะแสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานทั้ง 2 ใน 5 ตำแหน่งที่ต่างกันดังรูปที่ 11 และรูปที่ 13



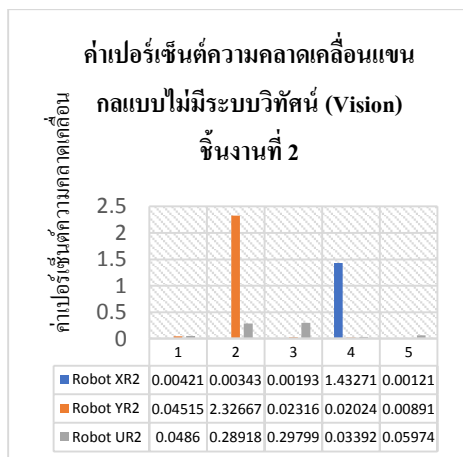
รูปที่ 11 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระบบ
วิทัศน์ ของชิ้นงานชิ้นที่ 1



รูปที่ 12 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนหุ่นยนต์ของชั้นงานชั้นที่ 1



รูปที่ 13 ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระบบวิทัศน์ ของชั้นงานชั้นที่ 2



รูปที่ 14 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของชั้นงานชั้นที่ 2

จากรูปเมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแขนกลแบบไม่มีระบบวิทัศน์ ดังรูปที่ 12 และรูปที่ 14 มาเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแขนกลแบบมีระบบวิทัศน์ ดังรูปที่ 11 และรูปที่ 13 จะสังเกตได้ว่าการหยิบชิ้นงานในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 การใช้ระบบวิทัศน์ ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่า สังเกตเห็นได้ชัดในตำแหน่ง U ซึ่งระบบวิทัศน์ สามารถหมุนตัวจับตามชิ้นงานได้ด้วยเหตุผลนี้สามารถลดแรงกระแทกของตัวจับชิ้นงานต่อชิ้นงานได้ดีที่สุด ทำให้ของเสียลดน้อยลง เพิ่มผลผลิตได้ตามความต้องการของผู้ผลิตและทันเวลาที่ต้องการ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักที่ผู้ผลิตมีจุดประสงค์ในการพัฒนาแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นแบบอัตโนมัติ

5. สรุปผล

ในงานวิจัยนี้ได้นำหุ่นยนต์ที่ได้รับการออกแบบแล้วนำมาใช้หยิบชิ้นงานต้นแบบขึ้น แล้วนำเสนอวิธีการทดสอบ คำนวณ วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนการหยิบจับชิ้นงานของแขนกลในขณะทำงานด้วยตัวเอง และในขณะทำงานร่วมกับระบบวิทัศน์ โดยผลของการวิเคราะห์ตามตัวอย่างข้างต้นจะเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทำการวิเคราะห์ออกแบบตัดสินใจเลือกการทำงานของแขนกลที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับงานมากที่สุด และเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในการออกแบบแขนกลหยิบจับชิ้นงาน เช่น แบบแขนกลที่เหมาะสมกับงาน ระยะโฟกัสของเลนส์ที่ชัดที่สุด ความเร็วของสายพานลำเลียงระยะห่างของหัวจับชิ้นงาน เพราะปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมานี้ มีผลโดยตรงต่อแขนกลและความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นหลังจากแขนกลทำงานจริง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลอ้างอิงสำหรับใช้เป็นแนวทางในการใช้งาน และทำการวิเคราะห์ออกแบบแขนกลหยิบจับชิ้นงานให้สามารถทำงานได้อย่างมี

ประสิทธิภาพและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดตามที่มาตรฐานกำหนด สามารถลดต้นทุนการผลิตในระยะยาวได้ เพิ่มจำนวนผลผลิตได้ตามต้องการในเวลาที่กำหนด

สำหรับแนวทางในการพัฒนาต่อไปสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการหยิบจับชิ้นงานหรือค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการทำงานของแขนกล รวมถึงการเลือกใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแขนกลหยิบจับชิ้นงานตามแนวทางของงานวิจัยนี้ ก็จะให้มีข้อมูลอ้างอิงจำนวนมากขึ้น มีผลผลิตที่มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น และยังสามารถทำการวิเคราะห์ตำแหน่งของชิ้นงานในอนาคตได้อีกด้วย หรือสามารถเปรียบเทียบความละเอียดของกล้องมากกว่าและน้อยกว่า 5 ล้านพิกเซล ว่าส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบขนาดเลนส์โฟกัสที่แตกต่างกันแต่มีค่าความละเอียด 5 ล้านพิกเซล เท่ากัน ก็จะให้มีข้อมูลอ้างอิงในการพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทเคล-คอมพ์ อีเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ได้สนับสนุนข้อมูลวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chen, T.Q., Murphey, Y.L., Zhang, J.X., and Zhou, Y.N. (2001) A Smart Machine Vision System for PCB Inspection. IEA/AIE.
- [2] Varagul, J., and Chamniprasart, K. (2010) Development of Automated Visual Inspection Machine for HDD Manufacturing process.

Proceedings of International Conference on Data Storage Technology (DST-CON) Bangkok, Thailand.

- [3] Kim, S.M., Lee, S.C., and Lee, Y.C. (2006) Vision Based Automatic Inspection System for Nuts Welded on the Support Hinge. SICE-ICASE International Joint Conference 2006.
- [4] Phansak Nerakae, Pichitra Uangpairroj, Kontorn Chamniprasart. Prototyping of Flexible Manufacturing System with Machine Vision. The 2nd International Conference on Engineering Science and Innovative Technology (ESIT 2016), Phuket, Thailand, April 21 – 23 2016.
- [5] Prommarak, N., and Chamniprasart, K. (2010) Damage Screw Inspection Computer Vision Prototype Machine. Proceedings of International Conference on Data Storage Technology (DSTCON) Bangkok, Thailand.

ประวัติผู้ประพันธ์



บุญเลิศ สือเอย

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้อำนวยการ
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต



อิสราพร มีทอง

ปัจจุบันดำรง ตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้า
และระบบควบคุมอัตโนมัติ



มนทล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

จบการศึกษาวิศวกรรมศาสตรดุษฎี
บัณฑิต(D.Eng) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น

ปัจจัยที่เหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ในการปฏิบัติงานของหน่วยงาน

A Factors of Task Technology Fit Used for the Performance of Department.

สุวิทย์ สุ่มสุภาพรุ่งยศ¹, แสงทอง บุญยั้ง² และ อเนก พุทธิเดช³

Suwit Somsuphaphrungs¹, Sangtong Boonying² and Anek Putthidech³

^{1,2} สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

³ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

19 ถนนอุทอง ตำบลท่าว่าสุกรี อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

ผู้พิมพ์ประสานงาน : suwit.rungyos@gmail.com

วันที่รับบทความ: 2 พฤษภาคม 2563 / วันที่แก้ไขบทความ: 25 มิถุนายน 2563 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 26 มิถุนายน 2563

บทคัดย่อ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน และเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ใช้ระบบสารสนเทศของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ปีการศึกษา 2560 จำนวน 268 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลองค์ประกอบความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงานในคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ ผลการวิจัยพบว่าความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ น้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.43 ถึง 0.88 จัดอันดับความสำคัญตามน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปน้อยได้ ดังนี้ ความน่าเชื่อถือของระบบ ผลิตทันเวลา ความสัมพันธ์ผู้ใช้ระบบ การใช้งานง่าย การให้สิทธิในการเข้าถึงข้อมูล ความเข้ากันได้ของข้อมูล ความง่ายของการเก็บข้อมูลและคุณภาพข้อมูล ความสัมพันธ์ผู้ใช้ระบบ และความน่าเชื่อถือของระบบ โมเดลองค์ประกอบมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ ดี โดยพิจารณาจากค่าสถิติไค-สแควร์เท่ากับ 17.59 ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติเท่ากับ 0.092 ค่าองศาอิสระเท่ากับ 11 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณเท่ากับ 0.047 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ 0.018 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเท่ากับ 0.98 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้วเท่ากับ 0.95 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีคือถึงเกณฑ์เท่ากับ 0.99 และค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีไม่อิงเกณฑ์เท่ากับ 0.99

คำสำคัญ : การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน, ความเหมาะสม, ระบบสารสนเทศ

Abstract The purpose of this research was to analyze the appropriate factors of the information system used in the operation of the department. And to check the consistency of the appropriateness model of the information system used in the operation of the department. The sample group is the users of information systems of the Faculty of Business and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Academic Year 2017, 300 people were selected by multi-stage random sampling. The tool used was a questionnaire for the appropriateness of the information system used in the operations of departments in the Faculty of Business and Information Technology. Basic statistical analysis by using statistical data analysis program and confirmed component analysis to check the structural validity of the model, the components, the appropriateness of the information system used in the operation of departments in the Faculty of Business and Information Technology. The results of the research revealed that the suitability of the information system used by the work units in the Faculty of Business and Information Technology consists of 8 components. The composition weight is between 0.43 to 0.88. Rankings can be ranked according to the composition weight. As follows: Systems Reliability, Production Timeliness, Relationship with Users, Ease of Use / Training, Authorization, Compatibility, Locate ability and Data Quality. The model of the information system used in the operation of the department was found to accord with empirical data. Goodness of fit indicators included a chi-square value of 17.59 with 11 degrees of freedom: $p = 0.092$, RMSEA = 0.047, SRMR = 0.018, GFI = 0.98, AGFI = 0.95, NFI = 0.99 and NFI = 0.99.

Keywords: Confirm factor analysis, Suitability, Information systems

1. บทนำ

เทคโนโลยีสารสนเทศมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เพราะก่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะในด้านการตัดสินใจทางกลยุทธ์ขององค์กรที่ต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ ดังนั้นในการปฏิบัติงานทุกขั้นตอนจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมภายในเพื่อกำหนดวิธีการปฏิบัติงานที่เป็นการป้องกันการเกิดความผิดพลาดในทุกขั้นตอนของการประมวลผลและการตรวจสอบคุณภาพของสารสนเทศที่ออกจากระบบ ซึ่งการควบคุมภายในและการจัดวางระบบการควบคุมภายในนั้น [1] โดยอิทธิพลของเทคโนโลยีสารสนเทศในยุคสังคมฐานความรู้ ทุกองค์กรสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้ อย่างทั่วถึง รวดเร็วและถูกต้อง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบวิธีการทำงานในองค์กร และมีการจัดโครงสร้าง

องค์กรใหม่ จากเดิมที่มีลักษณะเป็นองค์กรแนวตั้ง กลายเป็นองค์กรแนวนอนมีรูปแบบการทำงานเป็นทีม เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้มากขึ้น [2]

ปัจจุบันการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในองค์กรมีบทบาทต่อการดำเนินงานในภาคการศึกษาเป็นอย่างมาก เนื่องจากก่อให้เกิดประโยชน์ในการทำงาน ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้ระบบและผู้บริหาร ทำให้องค์กรดำเนินงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็ว สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ระบบ ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษา จึงควรได้รับการพัฒนาระบบการบริหารจัดการที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของการศึกษา สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของเทคโนโลยีสารสนเทศที่เพิ่มขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือสำคัญ

สำหรับการตัดสินใจ การวางแผนกลยุทธ์ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ [3]

เช่นเดียวกับคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่นำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ดำเนินงานในด้านต่าง ๆ ภายในคณะตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และแผนพัฒนาสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยจึงมีนโยบายในการใช้ระบบสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการภายใน และมอบหมายให้สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นหน่วยงานหลักในการพัฒนาระบบปัจจุบันคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้นำระบบสารสนเทศไปใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการในการดำเนินงาน เพื่ออำนวยความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน เพื่อให้บุคลากรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลในการปฏิบัติงาน ระบบสารสนเทศที่คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศนำมาใช้ในองค์กรนั้นมีหลายด้าน เช่น ระบบบริหารงานบุคลากร ระบบทะเบียน ประเมินผล เป็นต้น [4]

เนื่องจากคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มีการจัดการศึกษาแบ่งเป็น 4 ศูนย์พื้นที่ประกอบด้วย ศูนย์พระนครศรีอยุธยา-วาสกรี ศูนย์พระนครศรีอยุธยา-หันตรา ศูนย์สุพรรณบุรี และศูนย์นนทบุรี และมีการจัดการเรียนการสอนเป็นคณะจำนวน 5 สาขาวิชา 5 หลักสูตร และงานในส่วนสำนักกณคดี 6 สายงาน จึงพบปัญหาของการใช้งานระบบซึ่งเป็นปัญหาจากตัวระบบ และปัญหาจากผู้ใช้งานระบบ เช่น ระบบมีเมนูให้เลือกเป็นจำนวนมาก หรือผู้ใช้งานบางรายที่ไม่สามารถใช้งานระบบให้ตอบสนองการปฏิบัติงานได้อย่างเต็มที่ เป็นต้น จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า นับจากการนำระบบสารสนเทศมาใช้ในการดำเนินงาน ยัง

ไม่พบการศึกษาถึงความเหมาะสมของระบบสารสนเทศกับงานที่ใช้ในการรองรับภารกิจและงานของแต่ละหน่วยงานภายในของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศได้เหมาะสมเพียงใด ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงประสงค์จะศึกษาความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ดำเนินงานของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยใช้แนวคิดของ Goodhue และคณะ [5] ที่อธิบายถึงองค์ประกอบความเหมาะสมระหว่างงานและเทคโนโลยีที่ใช้ในระบบสารสนเทศ (Task Technology Fit: TTF) ในหลายมิติ ได้แก่ คุณภาพข้อมูล (Data Quality) ความง่ายของการเก็บข้อมูล (Locate ability) การให้สิทธิในการเข้าถึงข้อมูล (Authorization) ความเข้ากันได้ของข้อมูล (Compatibility) การใช้งานง่าย (Ease of Use/Training) ผลิตทันเวลา (Production Timeliness) ความน่าเชื่อถือของระบบ (Systems Reliability) และความสัมพันธ์ผู้ใช้ระบบ (Relationship with Users) ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่าผลที่ได้จากการวิจัยจะนำไปสู่แนวทางการใช้ระบบสารสนเทศที่เหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ดำเนินงานของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิต่อไป

2. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำทฤษฎีของความเหมาะสมระหว่างงานและเทคโนโลยี (Task Technology Fit: TTF) นำเสนอโดย Goodhue และคณะ [5] เป็นแนวคิดเกี่ยวกับความเหมาะสมของระบบสารสนเทศ การนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้น้องการ โดยผู้ใช้งานจะยอมรับเทคโนโลยีนั้นหรือไม่ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่จะส่งผลให้มีประสิทธิภาพการทำงานส่วนบุคคลมากขึ้น ซึ่งแนวคิดนี้มีองค์ประกอบของระบบสารสนเทศที่เหมาะสม 8 องค์ประกอบ

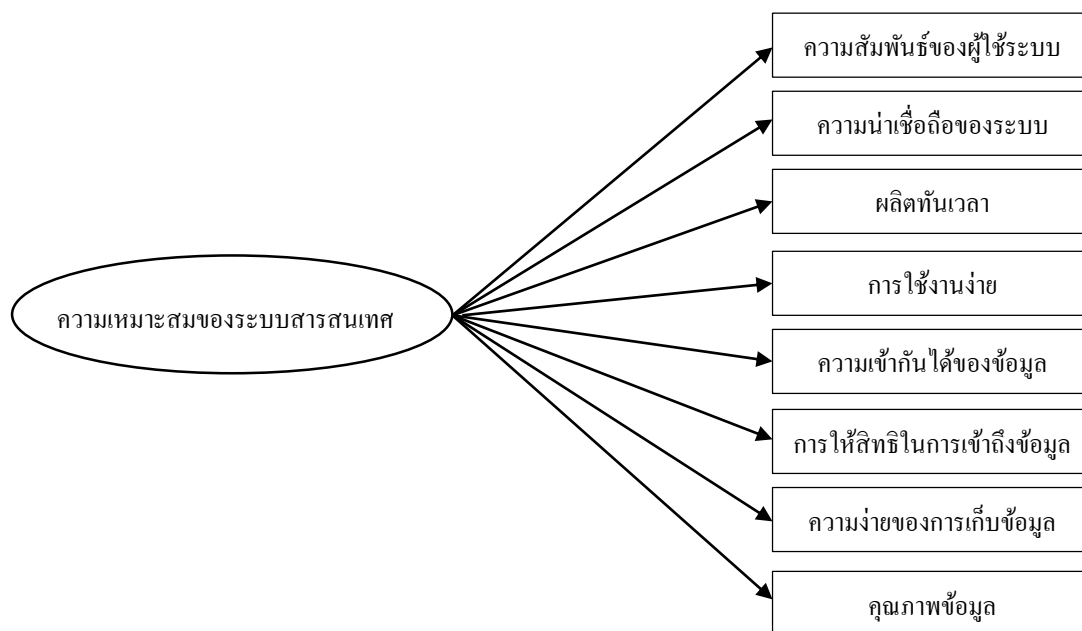
ประกอบด้วย คุณภาพข้อมูล (Data Quality) ความง่ายของการเก็บข้อมูล (Locate ability) การให้สิทธิในการเข้าถึงข้อมูล (Authorization) ความเข้ากันได้ของข้อมูล (Compatibility) การใช้งานง่าย (Ease of Use/Training) ผลิตทันเวลา (Production Timeliness) ความน่าเชื่อถือของระบบ (Systems Reliability) และความสัมพันธ์ผู้ใช้ระบบ (Relationship with Users)

งานวิจัยนี้จึงได้นำปัจจัยทั้ง 8 องค์ประกอบของ Goodhue และคณะ [5] มาใช้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงานในคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และได้กำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังรูปที่ 1

2.1 วิธีวิจัย

2.1.1 เครื่องมือการวิจัย

แบบสอบถาม (Questionnaire) ประเมินความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงานในคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ประกอบด้วย การกิจผู้บริหาร ระบบเบิกวัสดุ รายการครุภัณฑ์ ระบบสำนักงานอัตโนมัติ มคอ. ระบบคำสั่งดำเนินงาน ระบบจองห้อง ระบบแจ้งซ่อม ระบบรายได้โครงการบริการวิชาการ ระบบบันทึกการทำงาน สายสนับสนุน เอกสารดาวน์โหลด เบิกค่าอาหาร/จัดซื้อจัดจ้าง ระบบสารสนเทศสำหรับนักศึกษา ระบบกิจกรรมนักศึกษา บันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมนิสิต และศิษย์เก่า ซึ่งมีข้อคำถาม 8 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพข้อมูล



รูปที่ 1 โมเดลสมมติฐานองค์ประกอบที่เหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงาน

2) ความง่ายของการเก็บข้อมูล 3) การให้สิทธิในการเข้าถึงข้อมูล 4) ความเข้ากันได้ของข้อมูล 5) การใช้งานง่าย 6) ผลิตันเวลา 7) ความน่าเชื่อถือของระบบ และ 8) ความสัมพันธ์ผู้ใช้งานระบบเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 34 ข้อ ที่พัฒนาจากแนวคิดของ Goodhue และคณะ [5]

2.1.2 กลุ่มเป้าหมาย

2.1.2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ประชากรวิจัยในครั้งนี้ คือ บุคลากรคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จำนวน 805 คน จำแนกเป็นสายวิชาการ จำนวน 111 คน สายสนับสนุน จำนวน 17 คน และนักศึกษา จำนวน 677 คน [6]

2.1.2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ บุคลากรคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และระดับความผิดพลาดไม่เกิน 0.05 โดยใช้สัดส่วนตามสูตร Determination a Sample Size [7] ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 268 คน และในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ตัวอย่างที่เหมาะสม คือ ตั้งแต่ 200 ตัวอย่างขึ้นไป [8] จึงเหมาะสมและเพียงพอในการวิเคราะห์ จากนั้นใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 สุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) จากประชากรได้ 3 กลุ่ม ผู้วิจัยคำนวณหาสัดส่วน (Proportion to size) ของการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การสุ่มขั้นที่ 1 จำแนกตามสถานภาพ

สถานภาพ	ประชากร	กลุ่มตัวอย่าง
สายวิชาการ	111	37
สายสนับสนุน	17	6
นักศึกษา	677	225
รวม	805	268

ขั้นที่ 2 ทำการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ในแต่ละสถานภาพ โดยจำแนกเป็นสายวิชาการ จำนวน 37 คน สายสนับสนุน จำนวน 6 คน และนักศึกษา จำนวน 225 รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 268 คน

2.1.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ให้ระบุขั้นตอน หรือระยะที่ดำเนินการวิจัยเป็นข้อ ๆ ตามลำดับการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงานที่พัฒนาขึ้นมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร โดยทำการทบทวนวรรณกรรมจากแนวคิดทฤษฎีในปัจจุบันเกี่ยวกับความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงาน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดองค์ประกอบและระบุปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน โดยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อสนับสนุนปัจจัยสำคัญในแต่ละองค์ประกอบ จาก

แนวคิดทฤษฎีแนวโน้มนั้นในปัจจุบันที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งแนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาสร้างเป็นองค์ประกอบและกำหนดปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน โดยใช้หลักทฤษฎีเป็นฐาน (Theory-based)

ขั้นตอนที่ 3 นำองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมดมาสร้างเป็นเครื่องมือวิจัยมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 34 ข้อ

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ขององค์ประกอบ โดยใช้เทคนิคการคำนวณ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence: IOC) ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ประเมิน ผลการประเมินพบว่า ข้อคำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.50 – 1.00

ขั้นตอนที่ 5 นำแบบเครื่องมือไปทดลองใช้เก็บข้อมูลกับผู้ใช้ระบบสารสนเทศของหน่วยงานในคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน โดยแบบสอบถามทั้งฉบับ (Cronbach's Alpha) มีค่าความเที่ยง 0.92

ขั้นตอนที่ 6 เก็บข้อมูลกับผู้ใช้ระบบสารสนเทศของหน่วยงานในคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิจัย

3.1.1 ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน(CFA)

ผลการวิจัยจากกลุ่มตัวแปรด้านความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของ

หน่วยงานในบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยผลการศึกษาการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน(CFA) พบว่าไม่มีตัวแปรใดที่มีปัญหาการร่วมเส้นตรงพหุ (Multicollinearity) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ซึ่งกำหนดข้อตัวแปร คือ คุณภาพข้อมูล (DQ) ความง่ายของการเก็บข้อมูล (LO) การให้สิทธิในการเข้าถึงข้อมูล (AU) ความเข้ากันได้ของข้อมูล (CO) การใช้งานง่าย (EA) ผลิตทันเวลา (PR) ความน่าเชื่อถือของระบบ (SY) และความสัมพันธ์ผู้ใช้ระบบ (RE) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

	DQ	LO	AU	CO	EA	PR	SY	RE
DQ	1.00							
LO	0.44	1.00						
AU	0.46	0.75	1.00					
CO	0.49	0.67	0.68	1.00				
EA	0.27	0.47	0.54	0.46	1.00			
PR	0.36	0.54	0.62	0.55	0.72	1.00		
SY	0.39	0.50	0.64	0.41	0.66	0.73	1.00	
RE	0.32	0.58	0.60	0.47	0.61	0.61	0.67	1.00

ผลการวิจัยจากกลุ่มตัวแปรด้านความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงานในบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่า มีความสัมพันธ์กันระดับสูง โดยคู่ที่มีความสัมพันธ์กันสูง ($r > 0.7$) [9] ในสามลำดับแรก ได้แก่ การให้สิทธิในการเข้าถึงข้อมูลกับความง่ายของการเก็บข้อมูล ($r = 0.75$) รองลงมา ความน่าเชื่อถือของระบบกับผลิตทันเวลา ($r = 0.73$) และผลิตทันเวลากับการใช้งานง่าย ($r = 0.72$) ตามลำดับ

3.1.2 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน

เมื่อทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นแล้วพบว่าพบว่ามีตัวแปรคู่ใดมีปัญหาการร่วมเส้นตรงพหุ (Multicollinearity) จากนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ด้วยดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องและความกลมกลืนของตัวแบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ตัวแปร	ค่าน้ำหนัก องค์ประกอบ (b)	ค่า ความคลาด เคลื่อน มาตรฐาน (SE)	ค่าสถิติ ที (t)	ค่า ความ แปร ผัน ร่วม (R ²)
คุณภาพข้อมูล	0.43	0.00	7.45	0.18
ความง่ายของ การเก็บข้อมูล	0.61	0.07	7.14	0.37
การให้สิทธิ ในการเข้าถึง ข้อมูล	0.74	0.07	7.45	0.55
ความเข้ากันได้ ของข้อมูล	0.63	0.06	7.48	0.40
การใช้งานง่าย	0.75	0.07	6.79	0.57
ผลิตทันเวลา	0.83	0.08	6.99	0.69
ความ น่าเชื่อถือของ ระบบ	0.88	0.09	7.08	0.77
ความสัมพันธ์ ผู้ใช้งาน	0.76	0.08	6.84	0.58

$\chi^2 = 17.59$, df = 11, p-value = 0.092, RMSEA = 0.047, SRMR = 0.018, GFI = 0.98, AGFI = 0.95, NFI = 0.99, NNFI = 0.99

หมายเหตุ |t| > 1.96 หมายถึง p < .05; |t| > 2.58 หมายถึง p < .01

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ดำเนินงานของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มี 8 องค์ประกอบ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรได้มีค่าเป็นบวกอยู่ระหว่าง 0.43 ถึง 0.88 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงให้เห็นว่าตัวแปรทั้ง 8 ตัวนั้น เป็นตัวแปรที่สำคัญของความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ดำเนินงานของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จัดเรียงองค์ประกอบตามค่าน้ำหนักองค์ประกอบ คือ ความน่าเชื่อถือของระบบ ผลิตทันเวลา ความสัมพันธ์ผู้ใช้งาน การใช้งานง่าย การให้สิทธิในการเข้าถึงข้อมูล ความเข้ากันได้ของข้อมูล ความง่ายของการเก็บข้อมูล และคุณภาพข้อมูล มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.88, 0.83, 0.76, 0.75, 0.74, 0.63, 0.61 และ 0.43 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีความแปรผันร่วมกับองค์ประกอบรวมความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ดำเนินงานของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ คิดเป็นร้อยละ 77, 69, 58, 57, 55, 40, 37 และ 18 ตามลำดับ นั่นคือ ความน่าเชื่อถือของระบบ (Systems Reliability) มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในการอธิบายความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ดำเนินงานของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ ขณะที่องค์ประกอบคุณภาพข้อมูล (Data Quality) มีน้ำหนักความสำคัญน้อยที่สุด

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดล โดยใช้ดัชนีตรวจสอบความตรงของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ [10] ปรากฏว่า มีค่าไคสแควร์ (χ^2) เท่ากับ 17.59 ค่าองศาอิสระ (df) เท่ากับ 11 ส่งผลให้ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์ (relative chi-square) ซึ่งหาได้จากสมการ χ^2/df มีค่าไม่เกิน 2 ถือว่า ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ต้องมีค่าไม่เกิน 2 โดย RMSEA มีค่าเท่ากับ

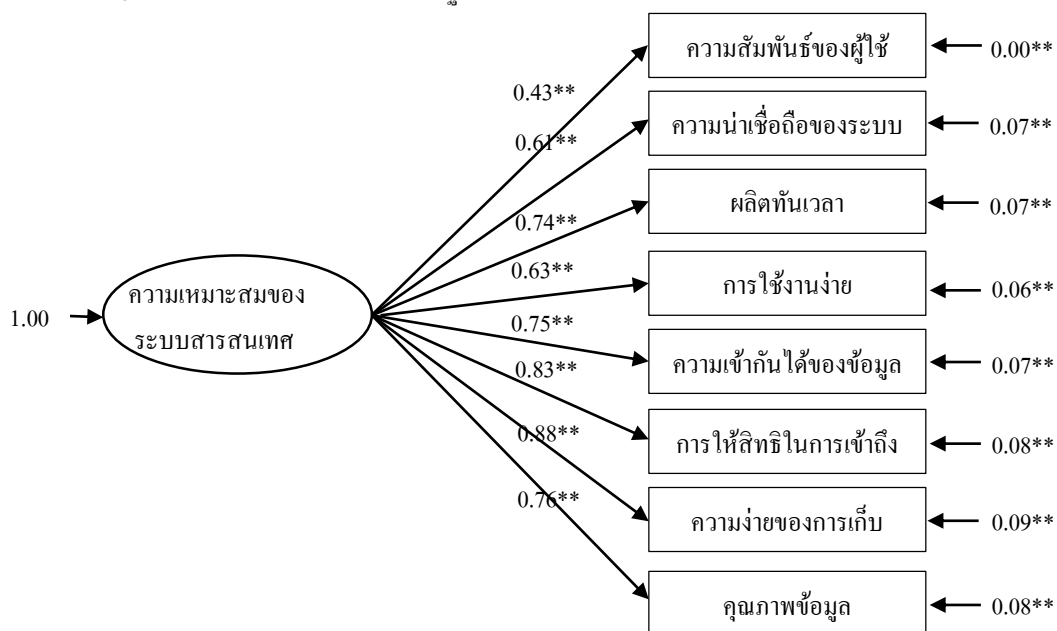
0.047 ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต้องมีค่าน้อยกว่า 0.05 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.018 ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต้องมีค่าน้อยกว่า 0.05 ขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาค่าความสอดคล้องจากดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.98 ถือว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ต้องมากกว่า 0.9 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่า 0.95 ซึ่งถือว่า ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ต้องมีค่ามากกว่า 0.9 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีเชิงเกณฑ์ (NFI) เท่ากับ 0.99 ซึ่งถือว่า ผ่าน เกณฑ์ที่กำหนด คือ ต้องมีค่ามากกว่า 0.9 และค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีไม่อิงเกณฑ์ (NNFI) เท่ากับ 0.99 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ต้องมีค่ามากกว่า 0.9 ดังรูปที่ 2

3.2 การอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันปรากฏว่า ความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ดำเนินงานของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มี 8 องค์ประกอบ สอดคล้องกับสมมติฐาน

การวิจัย อภิปรายผลโดยเรียงจากองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากที่สุด ดังนี้

ความน่าเชื่อถือของระบบ เป็นความไว้วางใจของผู้ใช้ระบบ ในการใช้ระบบนั้น ๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ผู้ใช้ต้องพิจารณาว่าตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานหรือไม่ ซึ่งบุคลากรภายในคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศให้ความสำคัญอย่างมากในการสะท้อนถึงควมมีคุณภาพ ความสมบูรณ์ของข้อมูล และควมมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบ รวมถึงการรักษาความปลอดภัยในการเข้าถึงระบบสารสนเทศและข้อมูลในระบบถูกควบคุมและจำกัดเข้าถึงระบบเฉพาะผู้ที่ได้รับอนุมัติเท่านั้น โดยการรักษาความปลอดภัยมีเป้าหมายสุดท้ายคือ การทำให้ระบบเชื่อถือได้หรือความเชื่อถือได้ของระบบ สอดคล้องแนวคิดของ Bentley [12] คุณภาพของสารสนเทศ จะมีคุณภาพสูงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความน่าเชื่อถือของระบบ เช่น สารสนเทศนั้นมีความถูกต้องสามารถพิสูจน์ได้ว่าเป็นจริง ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2 โมเดลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันความเหมาะสมของระบบสารสนเทศฯ

ผลิตทันเวลา เป็นองค์ประกอบที่เป็นผลลัพธ์ในการใช้ระบบสารสนเทศของผู้ใช้ โดยมีเวลาเป็นเงื่อนไข เพราะระบบสารสนเทศที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้น ในขณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศมีความเหมาะสมกับผู้ใช้ในการรวบรวมประมวลผล จัดระบบและจัดทำรายงานหรือเอกสารสำหรับช่วยในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการบริหารและส่งต่อไปยังหน่วยงานอื่น ๆ ภายในคณะ ทั้ง 4 ศูนย์พื้นที่ ตามระยะเวลาที่กำหนด หรือตามความต้องการของผู้บริหารในการวางแผน การตรวจสอบ และการควบคุมการจัดการ และการรายงานที่ออกควรจะเป็นรูปสารสนเทศทันสมัยและทันเวลา เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจที่กำลังกระทำอยู่ในขณะนั้น สอดคล้องแนวคิดของ Bentley [12] คุณภาพของสารสนเทศ จะมีคุณภาพสูงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความทันเวลากับผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้ต้องการใช้สารสนเทศนั้น

ความสัมพันธ์ผู้ใช้ระบบ ระบบสารสนเทศที่เหมาะสมควรมีความสัมพันธ์กับงานที่ดำเนินอยู่ของผู้ใช้ระบบนั้น ๆ ซึ่งการใช้ระบบสารสนเทศภายในคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศมีความสัมพันธ์ผู้ใช้ระบบน้อย แต่คณะยังขาดการศึกษาความต้องการของผู้ใช้ ดังนั้น ถ้าต้องการให้ระบบสารสนเทศกับผู้ใช้สัมพันธ์กันอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นที่ระบบต้องมีความสัมพันธ์กับความต้องการของผู้ใช้ที่เป็นบุคลากรภายในคณะที่แตกต่างกัน คือ อาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักศึกษา เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ที่จะนำไปใช้ในการตัดสินใจได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ดนูสิน เจริญ [13] ได้ศึกษาปัญหาของความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ความแตกต่างระหว่างผู้ที่มีโอกาสและสามารถใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ และผู้ที่ไม่มีหรือขาดโอกาส ความไม่เท่าเทียมกันนี้สามารถ

นำไปสู่ความได้เปรียบและความเสียเปรียบ ซึ่งเกิดจากการขาดสอบถามความต้องการของผู้ใช้งาน

การใช้งานง่าย เป็นความต้องการของผู้ใช้ระบบโดยตรงที่ต้องการความสะดวกสบายต่อการใช้งาน เพื่อไม่ให้เกิดความยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งปัจจุบันคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนใหญ่มีการใช้งานระบบสารสนเทศการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อน ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดด้านการป้อนข้อมูลและหน้าจอที่ขนาดเล็กกว่าคอมพิวเตอร์ ทำให้ความตั้งใจที่จะใช้เทคโนโลยีต่ำลง การออกแบบระบบสารสนเทศที่มีความเข้าใจวิธีการใช้งาน การเรียนรู้ และการใช้งานได้ง่ายจะช่วยให้ความตั้งใจในการใช้งานเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Venkatesh [14] ที่กล่าวว่าเทคโนโลยีนั้นใช้งานง่ายและสะดวก ไม่ซับซ้อน มีความเป็นไปได้มากในพฤติกรรมทางบวกในการยอมรับของผู้ใช้งาน และสอดคล้องกับ Cattleya [15] กล่าวว่า ส่วนงานที่รับผิดชอบในการดูแลและพัฒนาระบบควรพัฒนาระบบให้สามารถเข้าใช้งานได้ง่ายและมีฟังก์ชันการใช้งานที่เข้าใจง่ายไม่ซับซ้อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีขึ้น

การให้สิทธิในการเข้าถึงข้อมูล จะช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการใช้ระบบสารสนเทศ โดยเฉพาะระบบที่มีข้อมูลที่สำคัญ และเป็นข้อมูลส่วนบุคคลหรือส่วนหน่วยงาน ซึ่งคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศมีผู้ใช้ระบบเป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องมีการควบคุมการเรียกใช้ข้อมูล การกำหนดสิทธิในการเข้าถึงข้อมูล การให้สิทธิแก่ผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูลให้มีสิทธิในการใช้ข้อมูลแตกต่างกัน เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล ป้องกันผู้ใช้ที่ไม่มีอำนาจในการเรียกใช้ข้อมูล นำข้อมูลจากฐานข้อมูลมาใช้ อันอาจเกิดผลเสียกับระบบฐานข้อมูลและหน่วยงานได้ สอดคล้องกับ Stair และ Reynolds [16] กล่าวถึงสารสนเทศที่ดี ผู้ที่มีสิทธิใช้สารสนเทศจะต้องสามารถเข้าถึงสารสนเทศได้ง่าย ใน

รูปแบบและเวลาที่เหมาะสมตามความต้องการของผู้ใช้ และต้องมีความปลอดภัยในการการเข้าถึงข้อมูล เพื่อป้องกันความเสียหายในระบบ

ความเข้ากันได้ของข้อมูล เป็นการทำให้ระบบสารสนเทศต่าง ๆ มีความเชื่อมโยงต่อกัน และง่ายต่อการสืบค้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน่วยงานทางด้านการศึกษาที่ต้องใช้ระบบสารสนเทศหลายด้าน อาทิ ระบบลงทะเบียน ระบบประเมินตนเอง ระบบทะเบียน ระบบพัสดุ ระบบรับ-ส่งหนังสือ เป็นต้น ต้องมีการตรวจสอบเพื่อให้เข้ากันได้กับข้อมูลภายใน เพื่อความความถูกต้อง และใช้ในการวางแผน การตัดสินใจของบุคลากร สอดคล้องกับ Moore และ Benbasat [17] ได้กล่าวถึงการยอมรับและการใช้นวัตกรรมใหม่ เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความง่ายของการใช้ ความเข้ากันได้

ความง่ายของการเก็บข้อมูล จะช่วยให้สะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูล การเรียกใช้ข้อมูล เนื่องจากคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มีการจัดการศึกษาแบ่งเป็น 4 ศูนย์พื้นที่ จึงต้องมีระบบการจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินการตามยุทธศาสตร์ของคณะในด้านต่าง ๆ ความสะดวกในการเก็บข้อมูลจะช่วยให้ในการตัดสินใจของผู้บริหารที่จะกระทำได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ Stair และ Reynolds [16] กล่าวถึงสารสนเทศที่ดีควรมีการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่สลับซับซ้อนง่ายต่อการเรียกนำมาใช้ในการตัดสินใจได้เร็วขึ้น

คุณภาพข้อมูล เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการใช้ระบบสารสนเทศของหน่วยงานในของคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ เนื่องจากทางคณะใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน (Block chain) ในการเก็บและแชร์ข้อมูลเอกสารภายในคณะ จึงคำนึงถึงคุณภาพข้อมูลในด้านความครบถ้วน ความถูกต้อง ความพร้อมใช้งาน ความทันต่อเวลา ความสม่ำเสมอ และความสอดคล้องกันของข้อมูล เพื่อรายงานต่อผู้บริหารได้อย่างถูกต้อง แต่เนื่องจากเทคโนโลยีบล็อกเชนเป็นระบบ

สารสนเทศใหม่ที่บุคลากรภายในคณะยังไม่คุ้นชิน ทำให้บุคลากรยังไม่เห็นความสำคัญในการใช้เทคโนโลยีดังกล่าว สอดคล้องกับ Haug และคณะ [18] สารสนเทศและความรู้ที่นำไปใช้ในการบริหารงานในองค์กรย่อมมาจากการมีข้อมูลที่มีคุณภาพข้อมูล จึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญของประสิทธิภาพองค์กร เนื่องจากทุกกิจกรรมที่เกิดขึ้นในองค์กรย่อมจำเป็นต้องใช้ข้อมูลทั้งสิ้น

4. สรุปผล

ความสอดคล้องของโมเดลความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงานในคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้ใช้งานจะมีการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ ก็ต่อเมื่อเทคโนโลยีนั้นเหมาะสมกับงาน และทำให้งานมีประสิทธิภาพดีขึ้น (Task Technology Fit : TTF Model) ยืนยันได้ว่าองค์ประกอบการยอมรับเทคโนโลยีมีความเหมาะสมสอดคล้องกับบริบทงานวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่วิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความเหมาะสมของระบบสารสนเทศที่ใช้ปฏิบัติงานของหน่วยงาน ซึ่งผลวิจัยนี้สามารถนำไปสรุปและรายงานผลให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ผู้บริหารนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Tarinee, "Factors affecting internal controls of accounting information systems under the government finance and fiscal administration of political support activities." *Journal of Business Administration*, vol.4 no.1, pp. 76-91, 2015. (in Thai)
- [2] R.Theera, "Professionalism in organizing and managing education in the age of education reform." LT Press Co., Ltd, 2007. (in Thai)

- [3] K. Charoonkiat, Y. Jumpee, T. Boonchana, W. Pornchai. "Factors affecting the efficiency of information technology management in schools." *Social Sciences Research And Academic Journal*, vol.11, no.1, pp.1-12, 2016. (in Thai)
- [4] Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. (2019, Jun. 30).[Online] "Personal". Available: <http://www.rmutsb.ac.th> (in Thai)
- [5] D.L. Goodhue, R.L. Thompson. "Task-technology fit and individual performance." *MIS quarterly*, pp.213-236, 1995.
- [6] Faculty of Business Administration and Information Technology, (2019, Jun. 30). [Online]. Available: <http://ba2it.rmutsb.ac.th> (in Thai)
- [7] T. Yamane, Statistics: An Introduction Analysis. Harper & Row, 1973.
- [8] J. F. Hair, W. C. Black, B. J.Babin, R. E. Anderson, R. L. Tatham, "Multivariate data analysis." vol. 6, 2006.
- [9] H. A. DeVon, M. E. Block, P.Moyle-Wright, D.M. Ernst, S.J.Hayden, D.J.Lazzara, "A PsychometricToolbox for testingValidity and Reliability," *Journal of Nursing Scholarship*, vol.39, no.2, pp. 155-164, 2006.
- [10] K.G. Jöreskog, D. Sörbom, "LISREL 7 (Computer Software)." Scientific Software International, 1988.
- [11] D.Hooper, J.Coughlan, M.R.Mullen. "Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit." *Electronic journal of business research methods*, vol.6, no.1, pp.53-60, 2008.
- [12] P.Bentley, Comparative Vertebrate Endocrinology. Cambridge University Press, 1998.
- [13] C. Danuvasin. (2019, Jun.30). [Online] "Disparity in data access". Available: http://mba.nida.ac.th/cec/images/stories/cecpic/magazine/02/13_digital_03%20case5.pdf. (in Thai)
- [14] V. Venkatesh, "Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model." *Information Systems Research*, vol.11, no.4, pp. 342-365, 2000.
- [15] C.Phescharoenrat, K.Keatruangkamala, Factors in the acceptance and the use of the new cloud computing-based Intranet system : a case study on Thai Beverage Public Company Limited. (No.1085444686). Thammasat University, Bangkok,(2011)
- [16] R. M Stair, G. W. Reynolds, Principles of Information Systems, 6th edition. Boston: Course Technology, 2001.
- [17] G. C. Moore, I. Benbasat, "Integrating diffusion of innovations and theory of reasoned action models to predict utilization of information technology by end-users." *In Diffusion and adoption of information technology*, pp. 132-146, 1996.
- [18] A. Haug, J.S. Arlbjørn, A. Pedersen, "A classification model of ERP system data quality." *Industrial Management & Data Systems*, vol.109, no.8, pp. 1053-1068, 2009.

ประวัติผู้ประพันธ์:

**สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ**

-อาจารย์ประจำสาขาวิชา
ระบบสารสนเทศ คณะ
บริหารธุรกิจและเทคโนโลยี
สารสนเทศ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณ
ภูมิ
-งานวิจัยที่สนใจ การจัดการ
เทคโนโลยีสารสนเทศ
สมาร์ตเทคโนโลยี

**อเนก พุทธิเดช**

-อาจารย์ประจำสาขาวิชา
คณิตศาสตร์ คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
-งานวิจัยที่สนใจ การบูรณา
การข้อมูลและพัฒนาระบบ
อัจฉริยะ วิทยาการข้อมูล

**แสงทอง บุญยั้ง**

อาจารย์ประจำสาขาวิชา
ระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ
และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
-งานวิจัยที่สนใจ การพัฒนา
เกษตรอัจฉริยะ การจัดการ
สมาร์ตฟาร์ม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2563

ชื่อ-นามสกุล		ต้นสังกัด
รองศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา	สงวนสัตย์	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช	อินตะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณธิดา	เหล่าพวงศักดิ์	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
รองศาสตราจารย์ ศุภี	บรรจงจิตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา	เปี้ยวไข่มุก	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษมสุข	เสพศิริสุข	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY ตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ โดยมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ บทความที่พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในการพิจารณาของวารสารอื่นๆ เรื่องที่จะตีพิมพ์จะต้องได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 คน กองบรรณาธิการอาจให้ผู้เขียนปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นและทรงไว้ซึ่งสิทธิ์ในการคัดลอกตีพิมพ์หรือไม่ก็ได้

ประเภทผลงานที่ตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research articles) เป็นผลงานที่เตรียมจากข้อมูลของผู้เขียน หรือทีมงานผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตนเอง
2. บทความวิชาการ (Academic articles) อาจแยกเป็นบทความปริทรรศน์ (Review articles) บทความเทคนิค (Technical article) เรียบเรียงจากการสืบค้น ตรวจสอบเอกสารวิชาการในสาขานั้นๆ และบทความพิเศษ (Special articles) เสนอความรู้ทั่วไปในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การเตรียมต้นฉบับบทความ

บทความหรือผลงานวิจัยที่นำเสนออาจอยู่ในรูปแบบภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ โดยจัดพิมพ์ด้วยโปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์ ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ สำหรับตาราง แผนภาพและภาพประกอบในส่วน of ต้นฉบับจะต้องตามรูปแบบที่กำหนดเพื่อให้พร้อมตีพิมพ์ได้ทันที (Camera ready) ต้นแบบสำหรับบทความสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ saujournalst.sau.ac.th

การส่งบทความ

ส่ง “ต้นฉบับบทความ” โดยไม่ต้องระบุชื่อที่อยู่และประวัติของผู้ประพันธ์และทีมงานและส่ง “ใบรับรองบทความ” ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์นามสกุล PDF และ ไฟล์ Doc ส่งผ่านระบบ Thaijo ได้ที่ วารสาร SAUJOURNALST

บทความทุกบทความที่เสนอมายังวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จะได้รับการกลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ หากมีการแก้ไขหรือตอบรับการตีพิมพ์ผู้เขียนต้องส่งต้นฉบับอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์นามสกุล PDF และ DOC ของบทความที่แก้ไข สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

โทรศัพท์ : 0-2807-4500-27 # 404 โทรสาร: 0-2807-4528

e-mail : SAUJournalST@sau.ac.th

ต้นฉบับสำหรับบทความที่เขียนเป็นภาษาไทยสำหรับวารสาร

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

ชื่อบทความ

Title of the Paper

ชื่อ-นามสกุล ผู้ประพันธ์ (ภาษาไทย)

ชื่อ-นามสกุล ผู้ประพันธ์ (ภาษาอังกฤษ)

ภาค/สาขาวิชา สถาบัน/มหาวิทยาลัย

ที่อยู่/ประเทศ

ผู้พิมพ์ประสานงาน : Your email address

บทคัดย่อ นี่คือต้นแบบสำหรับบทความของคุณเพื่อเสนอพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word for Windows โดยจัดระยะขอบบน 3.0 ซม. ระยะขอบขวา ขอบซ้ายและขอบล่าง 2.5 ซม. โดยมีการตั้งค่าขนาดของกระดาษ Custom size (19 ซม.x26.5 ซม.) หลัง “คำสำคัญ:” ให้กำหนดรูปแบบเป็น 2 สดมภ์ ด้วยความกว้าง 6.73 ซม. และระยะห่างสดมภ์ 0.5 ซม. พิมพ์บทความด้วยอักษร Angsana New ขนาด 13pt ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า และสำหรับคำ **บทคัดย่อ คำสำคัญ** และ**เอกสารอ้างอิง** ให้กำหนดเป็นตัวเข้ม-เอียงด้วยอักษร Angsana New ขนาด 14pt

คำสำคัญ : เว้น 1 บรรทัดหลังจากบทคัดย่อ แล้วพิมพ์คำสำคัญของบทความ (4-5 คำ)

Abstract This is a template of your full paper for publishing on SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY. Use Microsoft Word for Windows. Leave 3.0 cm. margins from the top, 2.5 cm. from the right side, left side and bottom. Please adjust the page setup to custom size (19 cm.x26.5 cm.) sheet. Use double-column format width of 6.73 cm. with a space of 0.5 cm. between columns after the keywords. Use 11 point Times New Roman font in typing the abstract. The length of paper should not be longer than 15 pages. For the headings, such as **Abstract**, **Keywords** and **References** use 12 point Times New Roman bold-Italic.

Keywords: Please leave one blank line after the *Abstract* and write your keywords (4-5 words).

1. บทนำ

ชื่อบทความภาษาไทย (ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 20pt ตัวเข้ม กลางหน้ากระดาษ) ตามด้วยชื่อบทความภาษาอังกฤษ (ใช้ตัวอักษร Times New Roman ขนาด 16pt ตัวเข้ม กลางหน้ากระดาษ) จากนั้นเว้น 1 บรรทัด ตามด้วยชื่อผู้ประพันธ์ (ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt ตัวเข้ม กลางหน้ากระดาษ) ภาควิชา/สาขาวิชา สถาบัน/มหาวิทยาลัย (ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt กลางหน้า) และที่อยู่/ประเทศ (ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt กลางหน้า) จากนั้นระบุ email address ของผู้พิมพ์/ประธานงาน (ใช้ตัวอักษร Times New Roman ขนาด 10pt กลางหน้า) หัวข้อเรื่องแต่ละข้อ (ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 15pt หน้าชิดขอบซ้าย) โดยใช้หมายเลขแบบอินดู อารบิก (1, 2, 3,...) ไม่ใช่แบบเลขโรมัน (I, II, III, ...).

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สรุปอธิบายถึงขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์และมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับคนอื่นๆ ที่จะสามารถที่จะทำให้เกิดการทดลองซ้ำได้

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

สำหรับชื่อหัวข้อใหญ่ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 15pt, ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย เรียงลำดับหัวข้อด้วย 1, 2, 3,... (ไม่ใช่ I, II, III,...) การขึ้นหัวข้อใหม่แต่ละครั้งให้เว้น 1 บรรทัด สำหรับสมการคณิตศาสตร์ให้จัดเรียงด้วย (1), (2), (3),...

3.1 หัวข้อย่อยลำดับที่ 1

หัวข้อข้อย่อยลำดับที่ 1 ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย

3.1.1 หัวข้อย่อยลำดับที่ 2

หัวข้อข้อย่อยลำดับที่ 2 ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt ตัวเข้ม ชิดขอบซ้าย

3.2 ตาราง รูป และการอ้างอิง

สำหรับรูปภาพตารางและการอ้างอิงตัวเลขควรเป็นเลขดังนี้ รูปที่ 1 รูปที่ 2, ... ฯลฯ (ที่กึ่งกลาง) และตารางควรจะเป็นเลขดังนี้ Table1, Table2 ... ฯลฯ (ที่ด้านซ้าย) การอ้างอิงในบทความให้ใช้เครื่องหมายวงเล็บเหลี่ยม เช่น [2] จะต้องเรียงลำดับหมายเลขอ้างอิงจากหมายเลขน้อยไปสู่หมายเลขมากให้ถูกต้อง การอ้างอิงหมายเลขที่มีลำดับติดต่อกัน ตัวอย่างเช่น[1-5]

4. สรุปผล

เพื่อให้ทุกบทความที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์มีรูปแบบที่ตรงกัน ผู้ประพันธ์จะต้องจัดทำบทความตามต้นแบบ ไม่เช่นนั้นบทความของท่านจะถูกส่งคืนเพื่อปรับปรุงรูปแบบให้ตรงกับต้นแบบนี้ขอขอบคุณท่านสำหรับการให้ความร่วมมือ

5. กิตติกรรมประกาศ

ในส่วนนี้ไม่จำเป็นต้องมี แต่ท่านสามารถใช้ส่วนนี้ในการนำเสนอให้ทราบถึงผู้ที่สนับสนุนการทำงานวิจัยของท่าน เช่น นักศึกษาที่มีส่วนร่วม ผู้ที่มีส่วนร่วมจากภายในหรือภายนอก หรือองค์กรที่ให้ทุนสนับสนุน

6. หลักเกณฑ์ในการเขียนเอกสารอ้างอิง

การเขียนเอกสารอ้างอิงกำหนดให้ใช้ ตัวอักษร Angsana New ขนาด 13pt และเขียนตามตัวอย่างของเอกสารอ้างอิงในแม่แบบนี้ กรณีที่เป็นเอกสารอ้างอิง [1] หมายถึง “หนังสือ” เอกสารอ้างอิง [2] หมายถึง “รายงาน”

เอกสารอ้างอิง [3] หมายถึง “วารสาร”

เอกสารอ้างอิง [4] หมายถึง “ประชุมวิชาการ”

เอกสารอ้างอิง [5] หมายถึง “มาตรฐาน”

เอกสารอ้างอิง [6] หมายถึง “เว็บไซต์”

เอกสารอ้างอิง [7] หมายถึง “ปริญญาโท”

เอกสารอ้างอิง [8] หมายถึง “วิทยานิพนธ์”

เอกสารอ้างอิง [9] หมายถึง “คุณวุฒิบัตร”

โดยในกรณีที่เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและใส่คำว่า “(in Thai)” ต่อท้าย

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Ned, U. M. Tore and R. P. William, Power Electronic, John Wiley and sons, 1995.
- [2] The Federation of Thai Industries, Executive Summary: Eco-industrial development under the cost to develop green industry, 2013(in Thai).
- [3] D. Susa and H. Nordman, “A Simple model for calculating transformer hot-spot temperature,” *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 24, no.3, pp.1257-1264, Jul. 2009.
- [4] C. Tangsiriworakul, S. Tadsuan, “A Comparison of iron losses and acoustic noise supplied by pwm inverter of dm and spwm techniques,” in *Proc. International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2009)*, China, 8-11Aug. 2009, pp. 105-110.
- [5] IEEE Guide for loading mineral-oil-immersed overhead and pad-mounted distribution transformers rated 500 kVA and less with 65°C or 55°C average winding rise, ANSI/IEEE C57.91-1981.
- [6] Wikipedia. (2010, Jun. 28). “Biodiesel” [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>

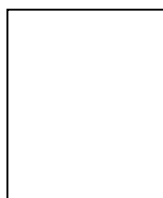
[7] K. Khianjutturut, W. Chaingam, S. Damrongnavavith, S. Nitcumharn, and A. Duangin, “The software implement for electric energy data logger of single-phase kilowatt-hour meter with image signal processing,” Student’s Project, Dep. Elec. Eng., Southeast Asia Univ., 2014 (in Thai).

[8] C. Bundanphrai, “A comparison of electric power and temperature on three-phase induction motor by varying wind flow with damper and pwm inverter supply,” M.S. Thesis, Southeast Asia Univ., 2014 (in Thai).

[9] V. Kinnares, “Measurement, Analysis and prediction of harmonic power losses in pwm feed induction motors,” Ph.D. Dissertations, Univ., Nottingham, 1997.

หมายเหตุ กรณีที่เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทย ให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและใส่คำว่า “(in Thai)” ต่อท้าย

ประวัติผู้ประพันธ์ :



ผู้ประพันธ์ระบุประวัติโดยย่อของตนเอง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับประวัติศึกษาตำแหน่ง สถานที่ทำงาน และงานวิจัยที่สนใจ พร้อม

รูปถ่าย ขนาด 2 ซม. x 2.4 ซม.

Guidelines for Contributors

SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY is published two-annually by Southeast Asia University. All articles are considered for publication in this journal will have to follow the following conditions, 1) they have not been published elsewhere and 2) they are not currently being submitted for consideration in any other journals. All articles are independently assessed (peer reviewed) by at least two specialists in their relevant fields. The editor board reserves a privilege to ask the authors to improve their articles, and to decide whether submitted articles should be published or not.

Types of work published

1. Research articles by individual or team researchers.
2. Academic articles include review articles, technical articles, and special articles on science and technology.

Manuscripts

Manuscripts must be prepared to meet professional standards using word processors on Windows. The table, diagrams and illustrations in the contributed manuscripts should be in a camera-ready format. For the template article can be downloaded from the website <http://saujournalst.sau.ac.th>

Submission

The manuscripts of the prospective contributors should be submitted to the editor-in-chief. Authors must submit manuscript (without name, address and authors, biography notifications) with electronic file (PDF) and “Copyright Transfer Form”.

- Directly to the editor-in-chief of SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Faculty of Engineering, Southeast Asia University.

- By mail to the editor-in-chief of SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Faculty of Engineering, Southeast Asia University, 19 / 1, Nongkhangphlu, Nongkhaem, Bangkok 10160, Thailand.

-By online at Website saujournalst.sau.ac.th

All papers submitted to SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY are subject to peer review. If revised or accepted of article should be submitted the manuscript (PDF and DOC) to the editor-in-chief. You may contact us using the information listed at Southeast Asia University, Tel. #: 0-2807-4500-27 EXT 331, FAX : 0-2807-4528 19/1, Nongkhangphlu, Nongkhaem, Bangkok 10160, Thailand; Email address : SAUJournalST@sau.ac.th

Manuscripts of paper writing as english language for
SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Title of the Paper

Author's Names

Department, University

Address, (country)

Corresponding author : e-mail address

บทคัดย่อ นี่คือการต้นแบบสำหรับบทความของคุณเพื่อเสนอพิจารณาตีพิมพ์ในวารสาร SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY จัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word for Windows โดยจัดระยะขอบบน 3.0 ซม. ระยะขอบขวา ขอบซ้ายและขอบล่าง 2.5 ซม. โดยมีการตั้งค่าขนาดของกระดาษ Custom size (19 ซม.x26.5 ซม.) หลัง “คำสำคัญ :” ให้กำหนดรูปแบบเป็น 2 สดมภ์ ด้วยความกว้าง 6.73 ซม. และระยะห่างสดมภ์ 0.5 ซม. พิมพ์บทความด้วยอักษร Angsana New ขนาด 13pt ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า และสำหรับคำบทคัดย่อ คำสำคัญ และ**เอกสารอ้างอิง** ให้กำหนดเป็นตัวเข้ม-เอียงด้วยอักษร Angsana New ขนาด 14pt

คำสำคัญ : เว้น 1 บรรทัดหลังจากบทคัดย่อ แล้วพิมพ์คำสำคัญของบทความ (4-5 คำ)

Abstract This is a template of your full paper for publishing on SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY. Use Microsoft Word for Windows. Leave 3.0 cm. margins from the top, 2.5 cm. from the right side, left side and bottom. Please adjust the page setup to custom size (19 cm.x26.5 cm.) sheet. Use double-column format width of 6.73 cm. with a space of 0.5 cm. between columns. Use 11 point Times New Roman font in typing the abstract. The length of paper should not be longer than 15 pages. For the headings, such as **Abstract**, **Keywords** and **References** use 12 point Times New Roman bold-Italic.

Keywords : Please leave one blank line after the Abstract and write your keywords (4-5 words).

1. Introduction

The title of the paper you must use 16 point Times New Roman in Bold at the center of the page. Leave one blank line and type the authors' names, department and country in capital letters with 11 point Times New Roman in Bold and centered. For the corresponding author, use 11 point Times New Roman centered. The heading of each section should be printed in small 12 point, left justified, bold Times New Roman font. Use Hindu-Arabic number (1, 2, 3, ...) for the section's numbering and not the Roman Numerals (I, II, III, ...).

2. Materials and Methods

Brief description of the experimental procedure and analysis and sufficient information for others to be able to reproduce the experiments.

3. Results and Discussion

For section heading, use 12 point left justified Times New Roman in bold, numbered as follows : 1, 2, 3, ... (not I, II, III, ...). Please leave one blank spaces between successive sections. Mathematical equations must be numbered as follows : (1), (2), (3).....

3.1 Subsection

For subsection heading, use 11 point left justified Times New Roman in bold.

3.1.1 Sub-subsection

When including a sub-subsection, use 11 point left justified Times New Roman in bold.

3.2 Figures, Tables and Reference

Figures should be numbered as follows: Fig.1, Fig.2, ... etc.(at center) and Tables should be numbered as follows: Table.1, Table.2, ... etc.(at Left). Type the corresponding number of references in square brackets.

4. Conclusion

Please follow our instructions faithfully, otherwise, you have to resubmit your paper. This will enable us to maintain uniformity in the journal. Thank you for your cooperation.

5. Acknowledgement

This section is optional. You can use this section to acknowledge support you have had for your research from your colleagues, student's participation, internal or external partners' contribution or funding organization.

6. Rules for writing reference

The letter, in 11 point Times New Roman, will be used for writing reference and the reference in this template being subject to the condition as below :

Ref. [1] stand for "Book"

Ref. [2] stand for "Report"

Ref. [3] stand for "Journal"

Ref. [4] stand for "Conference"

Ref. [5] stand for "Standard"

Ref. [6] stand for "Website"

Ref. [7] stand for “Student’ Project”

Ref. [8] stand for “Thesis”

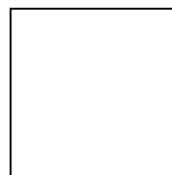
Ref. [9] stand for “Dissertation”

In case of reference written in Thai being used. It need to be translated to English and put the word "(in Thai)" at the back of reference.

References

- [1] M. Ned, U. M. Tore and R. P. William, Power Electronic, John Wiley and sons, 1995.
- [2] The Federation of Thai Industries, Executive Summary: Eco-industrial development under the cost to develop green industry, 2013. (in Thai)
- [3] D. Susa and H. Nordman, “A Simple model for calculating transformer hot-spot temperature,” IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 24, no.3, pp. 1257-1264, Jul. 2009.
- [4] C. Tangsiriworakul, S. Tadsuan, “A Comparison of iron losses and acoustic noise supplied by pwm inverter of dm and spwm techniques,” in Proc. International Conference on Mechanical and Electrical Technology (ICMET 2009), China, 8-11 Aug. 2009, pp. 105-110.
- [5] IEEE Guide for loading mineral-oil-immersed overhead and pad-mounted distribution transformers rated 500 kVA and less with 65 °C or 55 °C average winding rise, ANSI/IEEE C57.91-1981.
- [6] Wikipedia. (2010, Jun. 28). “ Biodiesel” [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>
- [7] K. Khianjutturut, W. Chaingam, S. Damrongnavavith, S. Nitcumharn, and A. Duangin, “The software implement for electric energy data logger of single-phase kilowatt-hour meter with image signal processing,” Student’s Project, Dep. Elec. Eng., Southeast Asia Univ., 2014. (in Thai)
- [8] C. Bundanphrai, “A comparison of electric power and temperature on three-phase induction motor by varying wind flow with damper and pwm inverter supply,” M.S. Thesis, Southeast Asia Univ., 2014. (in Thai)
- [9] Kinnares, “Measurement, Analysis and prediction of harmonic power losses in pwm feed induction motors,” Ph.D. Dissertations, Univ., Nottingham, 1997.

Authors’ Biography:



The author should include a brief introduction about his/her interest in the research topic and a scanned 2 cm.x2.4 cm. photo attached the original manuscript.



หมายเลขบทความ
(เฉพาะเจ้าหน้าที่กรอก)

แบบฟอร์มใบรับรองบทความ SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

1. ประเภทของบทความ

☐ บทความวิจัย ☐ บทความวิชาการปริทรรศน์ ☐ บทความวิชาการเทคนิค ☐ บทความวิชาการพิเศษ

2. สาขาบทความที่ส่ง

☐ Electrical Engineering ☐ Electronic & communication Engineering ☐ Industrial Engineering
☐ Civil Engineering ☐ Computer Science & Engineering ☐ Mechanical Engineering
☐ Agricultural Engineering ☐ Occupational Health & Safety ☐ Environment Engineering

3. ชื่อบทความ

ภาษาไทย.....

ภาษาอังกฤษ.....

4. ชื่อ-สกุลของผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author).....

5. สถานที่ติดต่อของผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) ที่อยู่.....

.....

..... โทรศัพท์..... โทรสาร..... E-mail.....

6. รายชื่อและที่อยู่ของเจ้าของบทความทั้งหมด

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย ตัวบรรจง)	ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ ตัวบรรจง)	หน่วยงาน	โทรศัพท์	E-mail
1.				
2.				
3.				

4.				
5.				

7. เสนอรายชื่อผู้ประเมิน

ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	โทรศัพท์	E-mail
1.			
2.			

8. การรับรองบทความ

☐ ขอรับรองว่าบทความต้นฉบับนี้ยังไม่เคยได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อน

ขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....ผู้พิมพ์ประสานงาน

()

วัน..... เดือน..... พ.ศ.

หมายเหตุ ส่งแบบฟอร์มนี้มาพร้อมกับบทความตามช่องทางในคำแนะนำสำหรับผู้เขียน (การส่งบทความ)



สมาชิกเลขที่

.....

ใบสมัครสมาชิก SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

วันที่สมัคร

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว สกุล อาชีพ

ที่อยู่ (สำหรับจัดส่งวารสาร) เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์

โทรศัพท์ โทรสาร E-mail

มีความประสงค์สมัครเป็นสมาชิก

อัตราค่าสมาชิก

☐ ปี (2 ฉบับ/ปี)

500 บาท

พร้อมกันนี้ได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน บาท

จำนวนเงิน(ตัวอักษร)

โอนเงินเข้าบัญชีธนาคาร ชื่อบัญชี เลขที่บัญชี

หมายเหตุ 1. กรุณาส่งสำเนาใบเสร็จการจ่ายเงินมาที่ E-mail Address : saujournalST@sau.ac.th หรือโทรสารมาที่
หมายเลข 0-2807-4528 พร้อมเขียนชื่อ-นามสกุล และหมายเลขสมาชิก (ถ้ามี)

ลงชื่อ ผู้สมัคร

(.....)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแวง กรุงเทพฯ 10160

โทรศัพท์ 0-2807-4500-27 ต่อ 331 โทรสาร 0-2807-4528 E-mail Address : SAUJournalST@sau.ac.th