

การพัฒนาระบบเฝ้าติดตามมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ด้วยการสื่อสารแบบไร้สาย (SMS)

Development of Monitoring System of Induction Motor with Wireless Communication (SMS)

สิริวิช ทัดสวน^{1*} สุภเดช ตะเพียนทอง² และธีรยุทธ รัตนสิทธิ์³
Siriwich Tadsuan^{1*}, Supardes Tapeantong² and Teerayut Rattanasit³

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพมหานคร 10160

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพมหานคร 10160

³บริษัท วาย.อาร์.ซี. เทคโนโลยี จำกัด อำเภอกะทู้มบง สมุทรสาคร 74130

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2807-4500-27 ต่อ 388 อีเมล : siriwicht@sau.ac.th

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบเฝ้าติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เพื่อช่วยลดความยุ่งยาก เพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในด้านระบบติดตามและการป้องกันความเสียหายกับมอเตอร์ โดยมีขั้นตอนการออกแบบและสร้างวงจรตรวจรู้แรงดันไฟฟ้า 0-260 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0-10 แอมป์ ความเร็วรอบมอเตอร์ 0-1,500 รอบ/นาทีและอุณหภูมิขดลวด 0-150 องศาเซลเซียส โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89V51RD2 ในการประมวลผลและควบคุมการทำงาน รวมถึงการใช้โมดูล GSM (รุ่น GSM SIM900B) เป็นตัวสื่อสารแบบไร้สาย ข้อมูลต่าง ๆ ถูกบันทึกลงบนฮาร์ดดิสก์คอมพิวเตอร์ ผลการทดสอบที่ได้จากเครื่องเฝ้าติดตามการทำงานของมอเตอร์แบบไร้สายดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างเป็นที่น่าพึงพอใจ

คำสำคัญ : ฟอลต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ การสื่อสารแบบไร้สาย ระบบเฝ้าติดตาม

Abstract This research developed a monitoring system of induction motor with wireless communication (SMS). The purposes of this research are to decrease difficulties and to increase convenient of monitoring system and to protect the motor. The designed and implemented of the voltage sensor range is at 0-260V, current sensor range is at 0-10 A, speed sensor range is at 0-1,500 rpm, and temperature sensor range is 0-150°C, using P89V51RD2 microcontroller for processing and operating control, wireless communication (SMS) with GSM module(model GSM SIM900B). Then data of all parameters were recorded to computer harddisk. The test data of the monitoring system of induction motor with wireless communication (SMS) set indicate a well operation and satisfactory results.

Keywords : Fault, Microcontroller, Induction motor, Wireless communication, Monitoring system

1. บทนำ

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่ว ๆ ไป ได้มีการประยุกต์ใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำจำนวนมาก เช่น ระบบสายพานลำเลียง ลิฟท์ บัมพ์น้ำ เป็นต้น เนื่องจากมอเตอร์เหนี่ยวนำมีข้อได้เปรียบหลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ชนิดอื่น ๆ ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงไม่ต้องการให้มอเตอร์เหนี่ยวนำในสายการผลิตเกิดความเสียหาย เพราะฉะนั้นการป้องกันฟอลต์มอเตอร์จึงเป็นเรื่องที่สำคัญ มีงานวิจัยจำนวนมาก[1-9] ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาสร้างระบบป้องกันมอเตอร์ เช่น งานวิจัย [2-3], [5-8] ได้นำเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมมาช่วยในการตัดสินใจรูปแบบฟอลต์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ จากงานวิจัยที่ [1],[4] ได้ออกแบบและสร้างระบบป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้ตัวตรวจรู้ต่าง ๆ มากกว่างานวิจัย [2-3], [9] จากนั้นใช้ตัวควบคุมแบบดิจิทัล เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ PLC เป็นตัวตัดสินใจรูปแบบฟอลต์ในลักษณะเขียนโปรแกรมแบบเปรียบเทียบเพื่อระบุรูปแบบฟอลต์ต่างๆ

งานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเป็นระบบการติดตามและการป้องกันมอเตอร์แบบที่มีการสื่อสารแบบดั้งเดิม ซึ่งจำเป็นต้องดูแลการทำงานของ เครื่องควบคุมการทำงานได้เพียงอย่างเดียว ทำให้เกิดความยุ่งยาก ความไม่สะดวกและความล่าช้าในด้านการติดตาม การป้องกันและการบันทึกข้อมูลต่างๆของมอเตอร์ ก่อให้เกิดผลเสียในเรื่องของการจัดการระบบสายการผลิต รวมถึงด้านเศรษฐศาสตร์การลงทุนอีกด้วย

2. หลักการ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบติดตามการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด 1 เฟส ขนาด 0.75 kW ที่สามารถดูแลการทำงานได้ทั้งที่เครื่องควบคุม

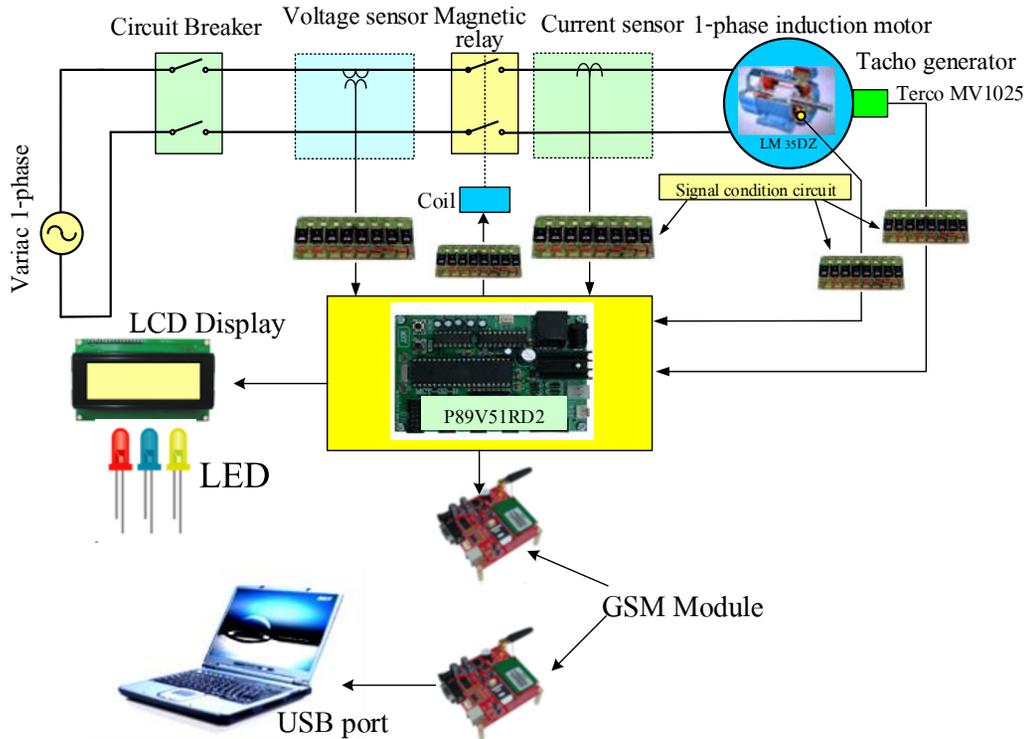
และบริเวณพื้นที่ใด ๆ ที่มีคลื่นสัญญาณโทรศัพท์เข้าถึง และใช้โปรแกรมวิซวลเบสิกออกแบบภาคการแสดงผลในรูปของกราฟเส้นและตัวเลข รวมถึงใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ออฟฟิศ แอ็กเซสสร้างฐานข้อมูลประวัติการทำงานของมอเตอร์(วันเวลา แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิขดลวดมอเตอร์และความเร็วรอบมอเตอร์) ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในด้านการวิเคราะห์ความผิดปกติของการทำงาน การซ่อมบำรุงและด้านการจัดการพลังงานของมอเตอร์

จากรูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของระบบที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยภาคอินพุตประกอบด้วยสัญญาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิขดลวดและความเร็วรอบมอเตอร์ รวมทั้งหมด 4 ช่องสัญญาณ สัญญาณอินพุตดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 0-5 V เพื่อเป็นอินพุตให้กับภาคแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วย IC#PCF8591 ที่มีคาร์สี่สารแบบ I²C กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89V51RD2 ในการประมวลผลและควบคุมการทำงาน รวมถึงติดต่อกับโมดูล GSM รุ่น GSM SIM900B เป็นตัวสื่อสารแบบไร้สายที่ใช้คลื่นสัญญาณความถี่ 850/900/1800/1900MHZ โดยส่งงานผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS 232

3. การออกแบบระบบป้องกันมอเตอร์

3.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ [8-10] ซึ่งมีส่วนประกอบภาคต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 8

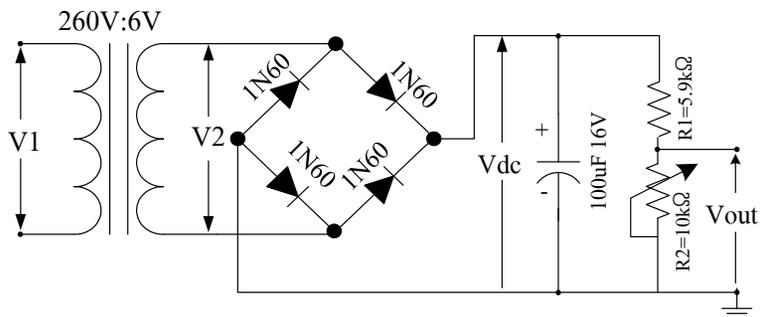


รูปที่ 1 โครงสร้างระบบเฝ้าติดตามและป้องกันฟอลต์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

3.1.1 ภาคตรวจรู้แรงดันไฟฟ้า [10]

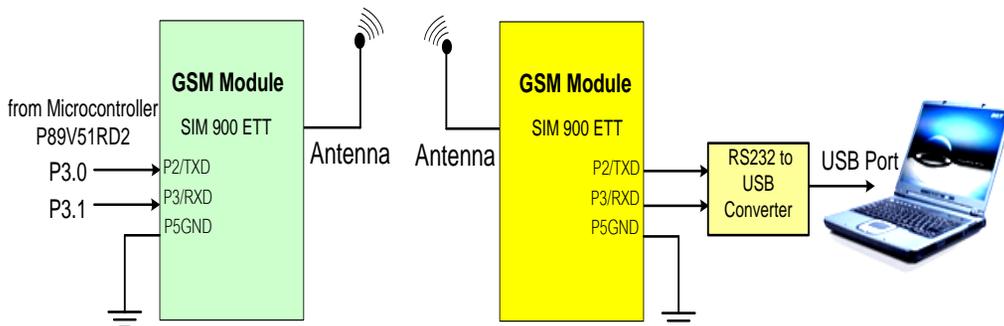
Voltage(260V_{ac}) : Signal voltage(5 V_{dc})

อัตราส่วนคือ 52 : 1



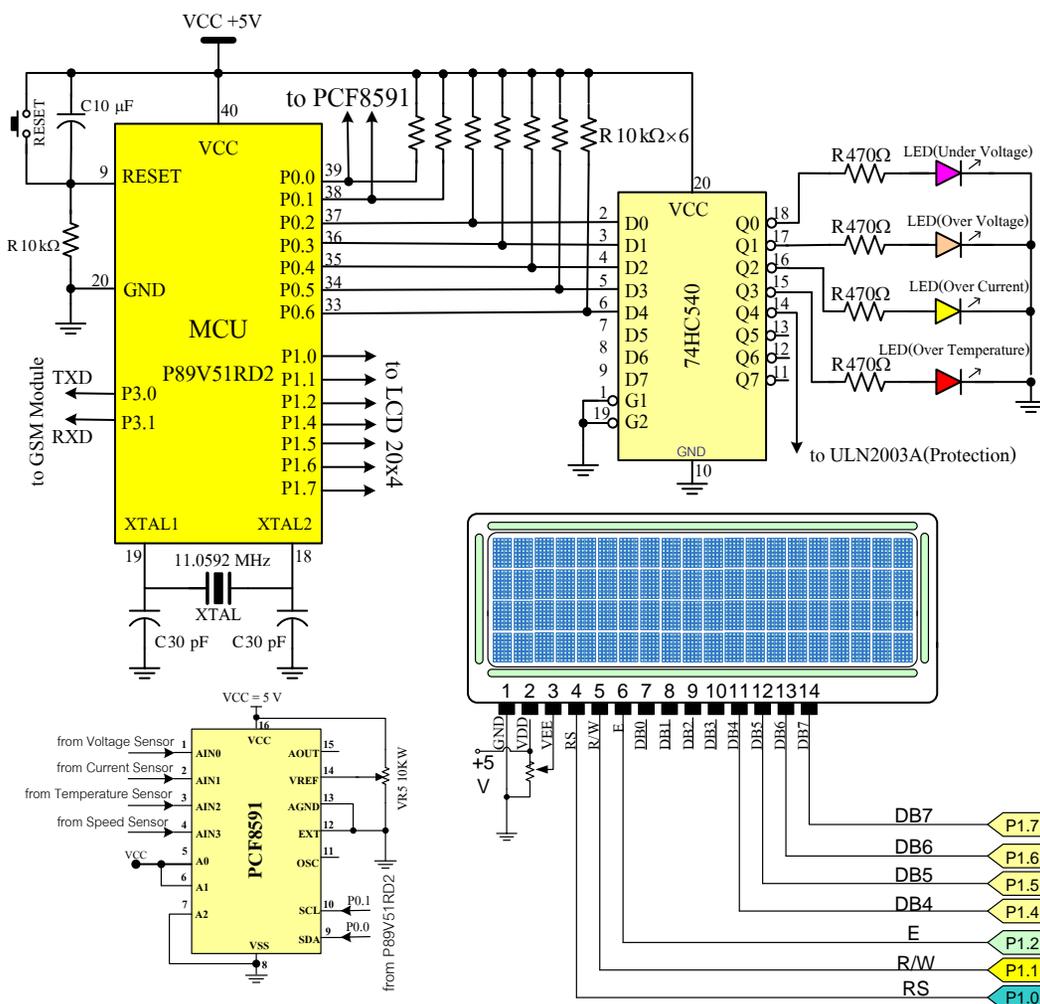
รูปที่ 2 วงจรตรวจรู้แรงดันไฟฟ้า

3.1.5 ภาคสื่อสารแบบไร้สาย [10]



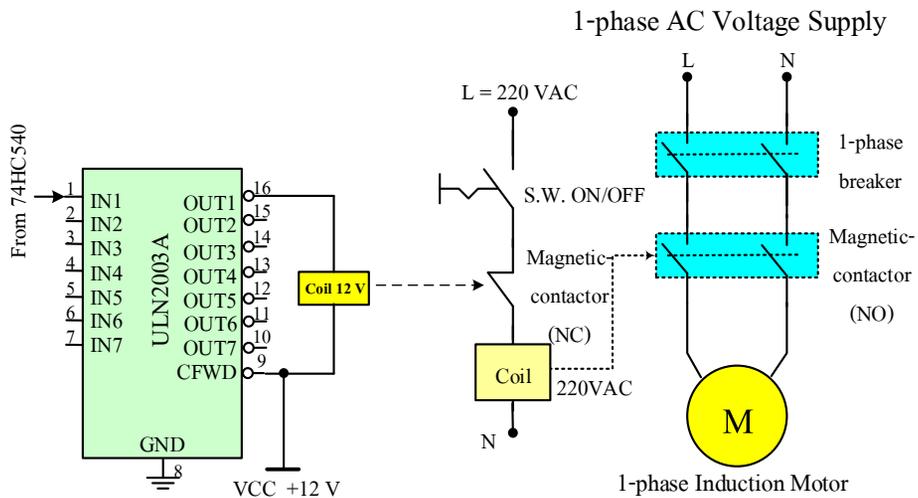
รูปที่ 6 วงจรเชื่อมต่อโมดูล GSM/GPRS รุ่น GSM SIM900B กับไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์

3.1.6 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับภาคอินพุต ภาคแสดงผลและภาคสื่อสาร



รูปที่ 7 วงจรการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับภาคอินพุต ภาคแสดงผล ภาคป้องกันและภาคสื่อสาร

3.1.7 ภาควควบคุมและภาคกำลังมอเตอร์



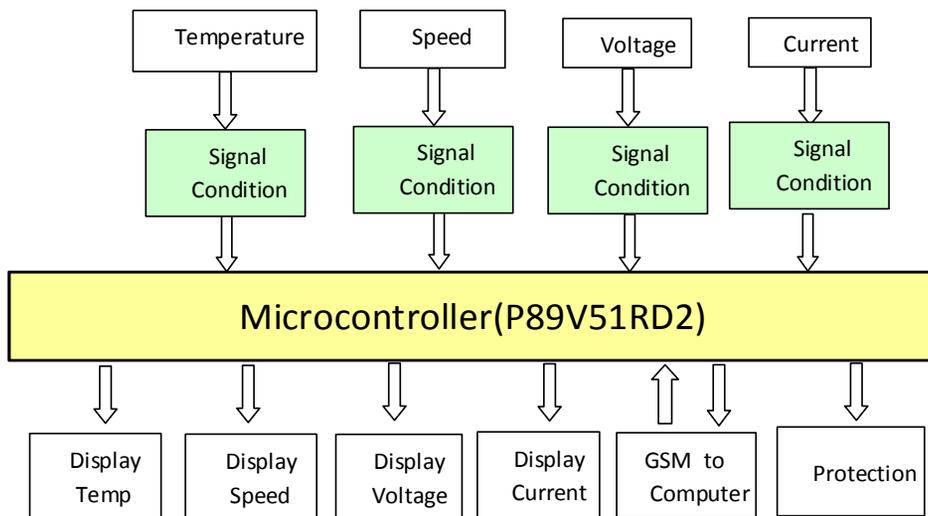
รูปที่ 8 วงจรควบคุมและวงจรกำลังมอเตอร์

3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

3.2.1 การออกแบบโปรแกรมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์

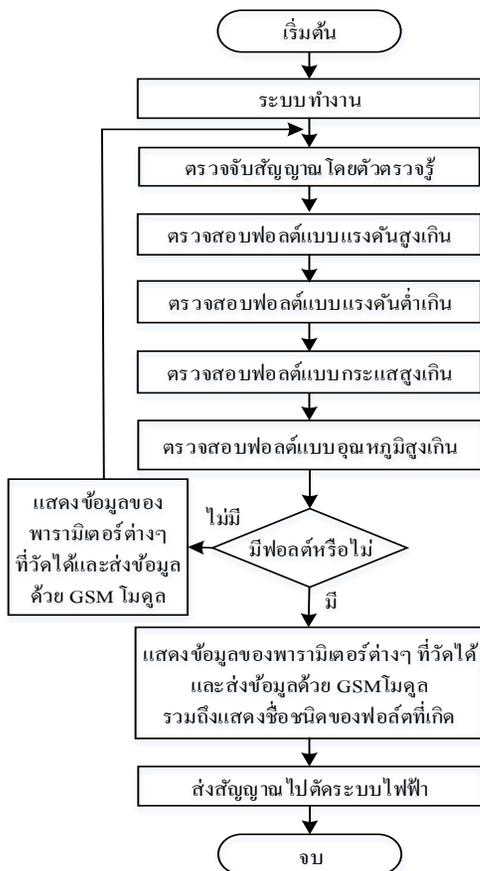
จากรูปที่ 9 แสดงอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำเสนอ โดยภาคอินพุตมี 4 ช่องสัญญาณ ประกอบด้วยแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิขดลวด และความเร็วรอบมอเตอร์ ส่วนภาค

เอาต์พุตมี 6 ช่องสัญญาณ ประกอบด้วย แสดงผลแรงดัน แสดงผลกระแส แสดงผลกำลังไฟฟ้า แสดงผลอุณหภูมิขดลวด แสดงผลความเร็วรอบมอเตอร์ ภาควงการป้องกัน และภาควงการสื่อสารไร้สายกับ GSM โมดูลรุ่น GSM SIM900B



รูปที่ 9 อินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 10 แสดงผังงานการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ออกแบบ โดยเริ่มจากจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายให้กับมอเตอร์ จากนั้นตัวตรวจรู้ต่างๆ จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลตามเงื่อนไขที่ออกแบบ และแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดได้ทางหน้าจอ LCD และยังส่งสัญญาณไปยัง GSM โมดูล รวมถึงตรวจสอบการเกิดฟอลต์ของแต่ละกรณีเรียงตามลำดับ เมื่อตรวจสอบไม่เจอการเกิดฟอลต์ก็จะย้อนกลับขึ้นไปตรวจสอบตลอดระยะเวลาที่มอเตอร์ทำงาน แต่ถ้ากรณีตรวจพบเจอฟอลต์จะมีการส่งสัญญาณสั่งให้แมกเนติกรีเลย์ปลดแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ออกจากระบบทันที ส่วนตารางที่ 1 เป็นการกำหนดช่วงข้อมูลของฟอลต์ของแต่ละประเภท

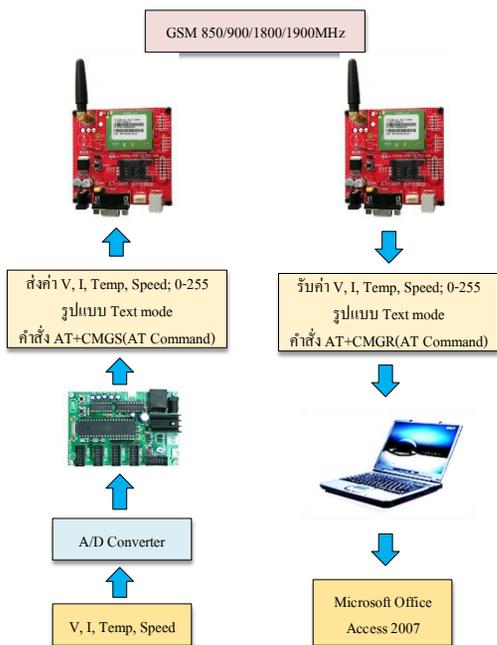


รูปที่ 10 ผังงานการทำงานของซอฟต์แวร์ที่ออกแบบ

ตารางที่ 1 การกำหนดช่วงข้อมูลของฟอลต์

ฟอลต์	กำหนดเงื่อนไขการทดสอบ
Normal	207 V ถึง 253 V ($\pm 10\%$ ของแรงดันที่แผ่นป้ายชื่อ 230V) [11-12]
Under - voltage	แรงดันต่ำกว่า 207 V [11-12]
Over - voltage	แรงดันสูงกว่า 253 V [11-12]
Overload	กระแสมอเตอร์มากกว่า 5.61 A (มากกว่าค่าที่แผ่นป้ายชื่อ 10% นั่นคือ $5.1A \times 1.1$)
Over - temperature	ฉนวนคลาส F Utilization to Class B อุณหภูมิขดลวดสูงสุดไม่เกิน $120^{\circ}C$ [13-14] เพื่อความปลอดภัยทดสอบที่ $101^{\circ}C$

จากรูปที่ 11 เป็นขั้นตอนการส่งและรับข้อมูลของสัญญาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิและความเร็วรอบ ด้วยการสื่อสารแบบไร้สาย (SMS) โดยข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะถูกส่งในรูปแบบของเท็กโหมด โดยใช้โมดูล GSM/GPRS รุ่น SIM900B ของ "SIMCom Ltd." เป็นอุปกรณ์หลัก ซึ่ง SIM900B เป็นโมดูลสื่อสารระบบ GSM/GPRS ขนาดเล็ก รองรับระบบสื่อสาร GSM ความถี่ 850/900/1800/1900 MHz โดยส่งงานผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 ด้วยชุดคำสั่ง AT Command

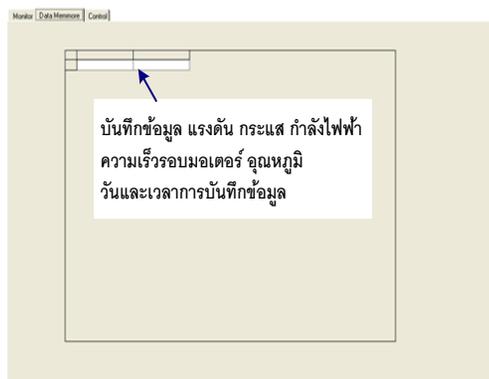


รูปที่ 11 ขั้นตอนการส่งและรับข้อมูลต่างๆ ด้วยการสื่อสารแบบไร้สาย (SMS)

3.2.2 การออกแบบหน้าจอภาพและฐานข้อมูล

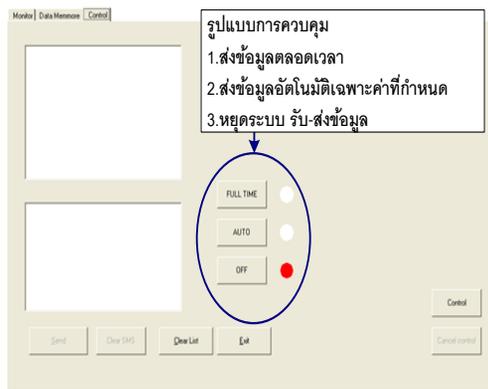
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบหน้าต่างจอภาพและฐานข้อมูลต่างๆ ของมอเตอร์โดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิกและไมโครซอฟท์ออฟฟิศเอกเซล [9] ซึ่งมีหน้าต่างจำนวน 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. จากรูปที่ 12 แสดงหน้าต่างการบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงบนหน่วยความจำฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบไปด้วยวันเวลา แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความเร็วรอบมอเตอร์และอุณหภูมิขดลวดมอเตอร์



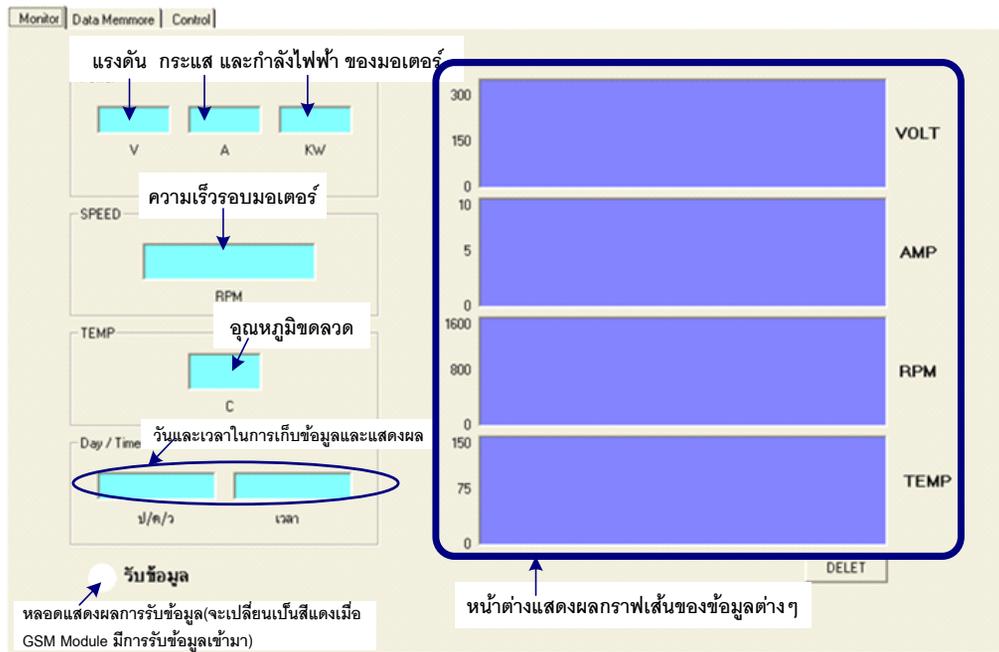
รูปที่ 12 หน้าต่างการบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงบนฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์

2. จากรูปที่ 13 แสดงหน้าต่างเลือกรูปแบบการควบคุมการสื่อสาร มีโหมดการเลือกได้ 3 แบบ ได้แก่ โหมดส่งข้อมูลตามระยะเวลาที่ต้องการ เช่น 5 นาที/ครั้ง (แต่ถ้าเกิดฟอลต์จะส่งข้อมูลทันที) โหมดส่งข้อมูลเฉพาะตอนที่เกิดฟอลต์และโหมดหยุดการรับส่ง



รูปที่ 13 หน้าต่างรูปแบบการควบคุมการสื่อสาร

3. รูปที่ 14 แสดงหน้าต่างกราฟเส้นและตัวเลข ประกอบไปด้วยวันเวลา แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความเร็วรอบ อุณหภูมิขดลวดและแสดงสถานะเมื่อโมดูล GSM มีการรับข้อมูลจากภาคส่งสัญญาณ

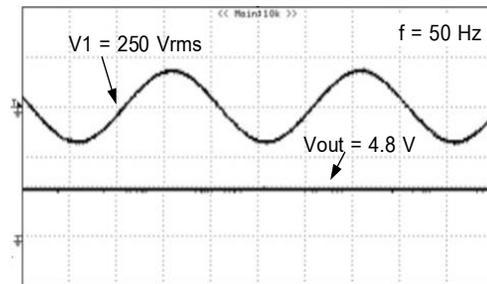


รูปที่ 14 หน้าต่างรูปแบบการแสดงผลกราฟเส้นและตัวเลข

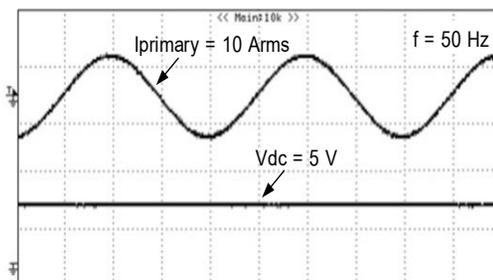
4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดสอบ

จากวงจรรูปที่ 2 ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้ามีค่าต่ำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยเลือกตัวเก็บประจุขนาด 100 μF และตัวต้านทานสองตัวต่ออนุกรมกันมีค่า 15.9 $\text{K}\Omega$ ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 15 เห็นได้ว่าสัญญาณไฟตรง มีความราบเรียบเป็นอย่างดี และรูปที่ 3 ในการออกแบบเลือกตัวเก็บประจุขนาด 100 μF ต่อขนานกับตัวความต้านทานขนาด 20 $\text{K}\Omega$ โดยมีผลการทดสอบดังรูปที่ 16 เห็นได้ว่าสัญญาณไฟตรง มีความราบเรียบเช่นเดียวกับการออกแบบวงจรตัวรู้แรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 15 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าขดลวดปฐมภูมิเทียบกับแรงดันไฟฟ้าขาออกของวงจรตัวรู้แรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 16 สัญญาณกระแสไฟฟ้าเทียบกับแรงดันไฟฟ้าขาออกของวงจรตัวรู้กระแสไฟฟ้า

รูปที่ 17 เป็นตัวอย่างการแสดงผลที่หน้าจอ LCD (กรณีที่มีมอเตอร์ทำงานปกติ) ของแรงดัน กระแส อุณหภูมิ ความเร็วรอบมอเตอร์และกำลังไฟฟ้าจริง โดยที่ค่ากำลังไฟฟ้าจริง คำนวณจากผลคูณของแรงดัน กระแสและตัวประกอบกำลัง (ตัวประกอบกำลังได้จากการทดสอบที่ภาระต่างๆ ของมอเตอร์ แล้วเก็บค่าที่ได้ไว้ในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 6 และรูปที่ 18 ถึงรูปที่ 22 เป็นผลการทดสอบการทำงานของมอเตอร์ในแต่ละกรณี ส่วนรูปที่ 23 เป็นภาพถ่ายจริงขณะเก็บผลการทดลองของเครื่องเฝ้าติดตามฯ ดังกล่าว



รูปที่ 17 ภาพถ่ายตัวอย่างการแสดงผลที่หน้าจอ LCD

ตารางที่ 2 ค่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกบันทึกลงในฮาร์ดดิสก์ กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานแบบปกติ

ปี/เดือน/วันที่ส่งข้อมูล	เวลาที่ส่งข้อมูล H/M/S	กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ (kW)	แรงดันไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ (V)	กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ (A)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	อุณหภูมิขดลวด (°C)
15/05/09	15:56:50	1.02	217.00	4.79	1,380	47
15/05/09	16:01:30	1.00	218.00	4.73	1,372	55
15/05/09	16:06:11	1.00	215.70	4.68	1,369	61
15/05/09	16:10:51	1.01	223.50	4.61	1,378	65
15/05/09	16:15:32	1.01	225.50	4.59	1,383	69
15/05/09	16:20:12	1.00	224.80	4.57	1,382	73

ตารางที่ 3 ค่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกบันทึกลงในฮาร์ดดิสก์ กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานผิดปกติแบบแรงดันต่ำเกิน

ปี/เดือน/วันที่ส่งข้อมูล	เวลาที่ส่งข้อมูล H/M/S	กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ (kW)	แรงดันไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ (V)	กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ (A)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	อุณหภูมิขดลวด (°C)
15/05/09	16:44:58	1.01	223.40	4.62	1,383	66
15/05/09	16:49:39	1.01	224.30	4.62	1,383	68
15/05/09	16:54:19	1.00	223.70	4.57	1,384	71
15/05/09	16:59:00	1.00	223.40	4.55	1,383	73
15/05/09	17:02:58	0.94	190.00	4.96	1,318	74
15/05/09	17:07:39	0.00	193.50	0.00	0.00	70
15/05/09	17:12:20	0.00	193.70	0.00	0.00	67

ตารางที่ 4 ค่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกบันทึกลงในฮาร์ดดิสก์ กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานผิดปกติแบบแรงดันสูงเกิน

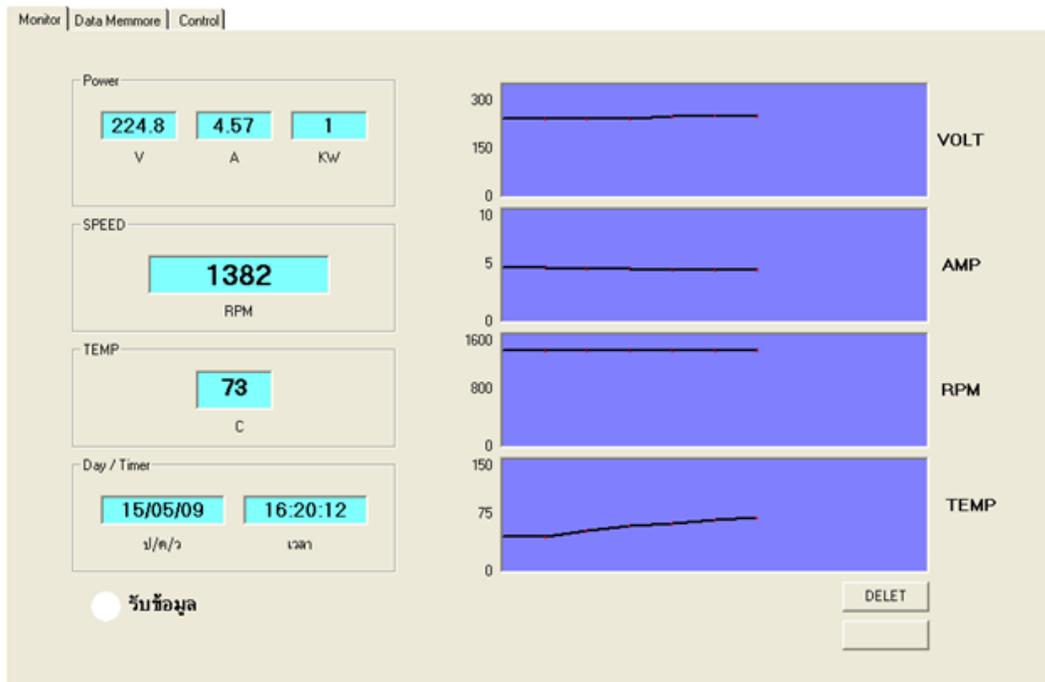
ปี/เดือน/วันที่ส่งข้อมูล	เวลาที่ส่งข้อมูล H/M/S	กำลังไฟฟ้า มอเตอร์ (kW)	แรงดันไฟฟ้า เข้ามอเตอร์ (V)	กระแสไฟฟ้า ของมอเตอร์ (A)	ความเร็วรอบ มอเตอร์ (rpm)	อุณหภูมิ ขดลวด (°C)
15/05/10	11:24:53	1.01	223.50	4.64	1,382	65
15/05/10	11:29:34	1.00	222.70	4.59	1,378	68
15/05/10	11:34:14	0.99	222.10	4.56	1,382	70
15/05/10	11:38:55	0.70	225.00	3.30	1,438	72
15/05/10	11:42:02	0.90	255.00	4.55	1,448	73
15/05/10	11:46:43	0.00	257.06	0.00	0.00	71
15/05/10	11:51:23	0.00	257.43	0.00	0.00	67

ตารางที่ 5 ค่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกบันทึกลงในฮาร์ดดิสก์ กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานผิดปกติแบบกระแสสูงเกิน

ปี/เดือน/วันที่ส่งข้อมูล	เวลาที่ส่งข้อมูล H/M/S	กำลังไฟฟ้า มอเตอร์ (kW)	แรงดันไฟฟ้า เข้ามอเตอร์ (V)	กระแสไฟฟ้า ของมอเตอร์ (A)	ความเร็วรอบ มอเตอร์ (rpm)	อุณหภูมิ ขดลวด (°C)
15/05/10	13:00:50	0.74	230.8	3.51	1,439	65.1
15/05/10	13:06:30	0.74	232.1	3.53	1,435	69.0
15/05/10	13:10:11	0.73	230.00	3.47	1,439	71.0
15/05/10	13:15:51	0.87	228.80	3.99	1,415	72.7
15/05/10	13:21:32	1.00	228.00	4.52	1,386	74.8
15/05/10	13:23:30	1.36	226.50	6.11	1,306	77.8
15/05/10	13:28:10	0.00	226.50	0.00	0.00	78.9
15/05/10	13:32:50	0.00	226.92	0.00	0.00	73.2

ตารางที่ 6 ค่าข้อมูลต่างๆ ที่ถูกบันทึกลงในฮาร์ดดิสก์ กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานผิดปกติแบบอุณหภูมิสูงเกิน

ปี/เดือน/วันที่ส่งข้อมูล	เวลาที่ส่งข้อมูล H/M/S	กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ (kW)	แรงดันไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ (V)	กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ (A)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	อุณหภูมิขดลวด (°C)
15/05/10	09:50:48	0.91	225.00	4.17	1,385	33.9
15/05/10	09:55:29	0.90	224.00	4.14	1,384	45.4
15/05/10	10:00:10	0.89	224.30	4.07	1,385	59.5
15/05/10	10:04:50	0.89	223.50	4.05	1,379	71.9
15/05/10	10:09:31	0.89	223.70	4.05	1,379	80.9
15/05/10	10:14:12	0.89	224.00	4.05	1,371	94.1
15/05/10	10:19:53	0.89	224.00	4.04	1,372	101.0
15/05/10	10:24:33	0.00	225.00	0.00	0.00	96.8
15/05/10	10:29:34	0.00	225.00	0.00	0.00	90.1



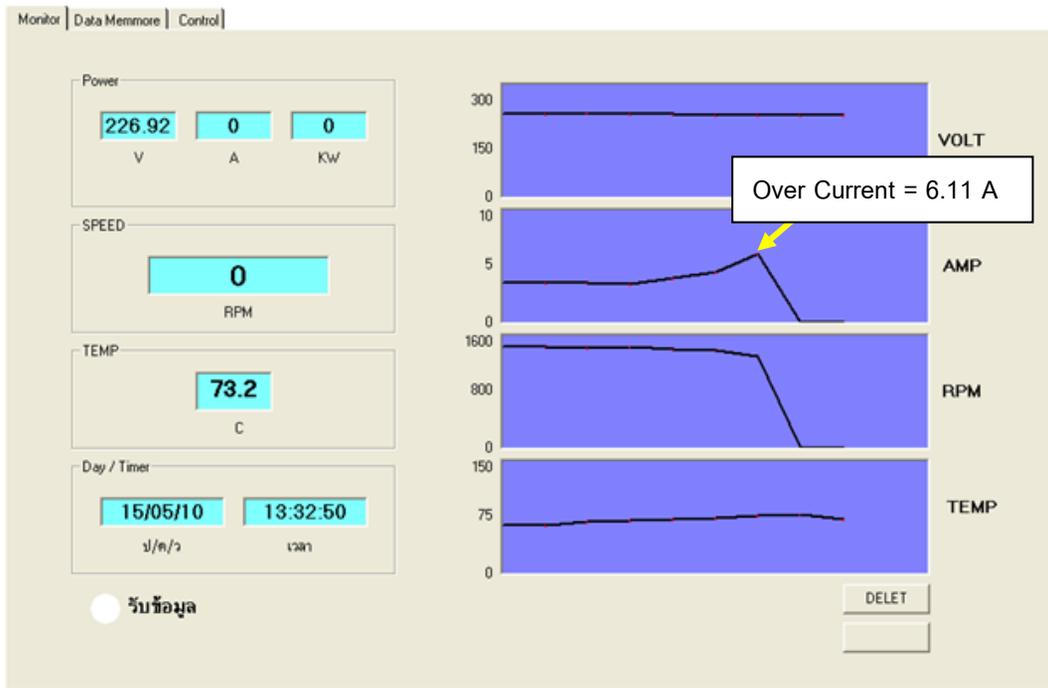
รูปที่ 18 ข้อมูลต่างๆ ที่ถูกแสดงบนหน้าต่างแสดงผล กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานแบบปกติ



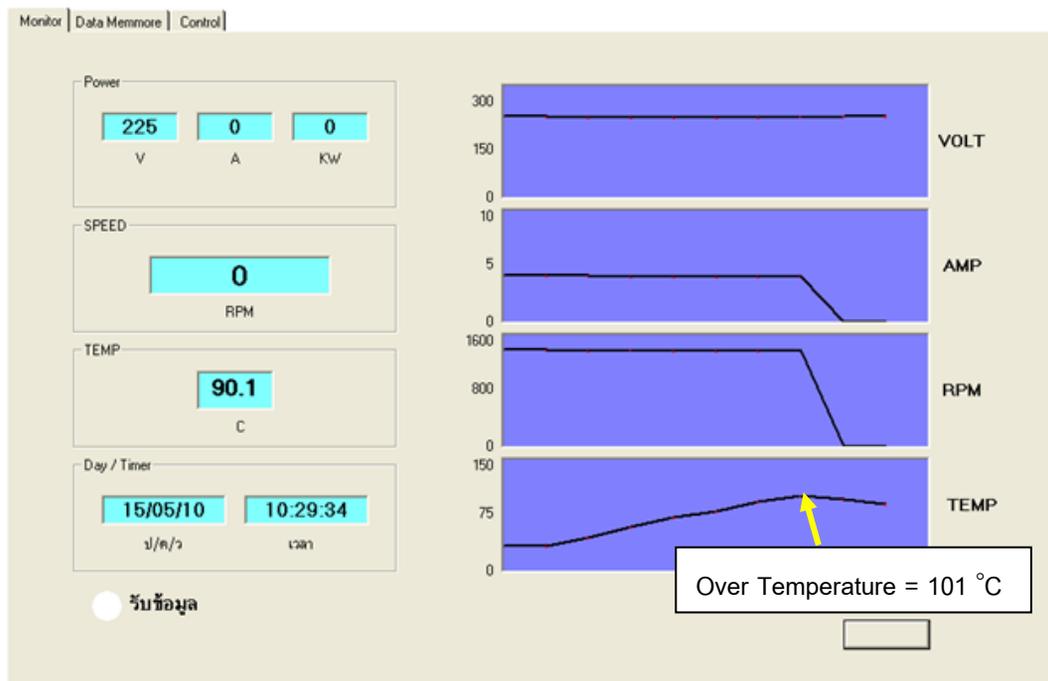
รูปที่ 19 ข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกแสดงบนหน้าต่างแสดงผล กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานผิดปกติแบบแรงดันต่ำเกิน



รูปที่ 20 ข้อมูลต่าง ๆ ที่ถูกแสดงบนหน้าต่างแสดงผล กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานผิดปกติแบบแรงดันสูงเกิน



รูปที่ 21 ข้อมูลต่างๆ ที่ถูกแสดงบนหน้าต่างแสดงผล กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานผิดปกติแบบกระแสสูงเกิน



รูปที่ 22 ข้อมูลต่างๆ ที่ถูกแสดงบนหน้าต่างแสดงผล กรณีทดสอบในสภาวะมอเตอร์ทำงานผิดปกติแบบอุณหภูมิสูงเกิน

4.2 วิเคราะห์ผล

4.2.1 สภาวะปกติของมอเตอร์

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 18 เป็นการทำงานของมอเตอร์ในสภาวะปกติ โดยที่ค่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า อุณหภูมิขดลวดอยู่ในช่วงขอบเขตที่กำหนดไว้ (จากตารางที่ 2) ที่สภาวะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่มีการส่งสัญญาณไปตัดระบบไฟฟ้าที่จ่ายไปยังมอเตอร์ ทำให้หลอด LED แสดงสภาวะการทำงานผิดปกติทุก ๆ ดวง (รูปที่ 17)ดับตลอดช่วงการทำงาน

4.2.2 การเกิดฟอลต์ของมอเตอร์แบบแรงดันต่ำเกิน

จากตารางที่ 3 และรูปที่ 19 เป็นการทำงานของมอเตอร์ในสภาวะผิดปกติแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำเกิน โดยทดสอบที่แรงดันไฟฟ้ามีค่า 190.00 V (จากตารางที่ 1 ที่สภาวะผิดปกติแบบแรงดันต่ำเกิน กำหนดที่ค่าต่ำกว่า 207 V) ส่วนกระแสมอเตอร์และอุณหภูมิขดลวดอยู่ในช่วงทำงานแบบปกติไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ที่สภาวะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการส่งสัญญาณไปตัดระบบไฟฟ้าที่จ่ายไปยังมอเตอร์ให้มอเตอร์หยุดการทำงาน ทำให้หลอด LED แสดงสภาวะแรงดันไฟฟ้าต่ำเกินสว่างขึ้น ส่วนหลอด LED ดวงที่เหลือยังคงดับอยู่ ซึ่งสังเกตเห็นได้ว่า ถ้าระบบไฟฟ้าของมอเตอร์ถูกสั่งตัดออกไปจากระบบแล้ว ค่าที่แสดงบนหน้าจอ LCD และที่หน้าจอมอนิเตอร์จะยังคงแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ (ไม่ได้แสดงค่าที่ 0 โวลต์) สาเหตุเพราะการออกแบบเลือกที่จะต่อตัวตรวจจับแรงดันไฟฟ้าอยู่ด้านหน้าตัวแมกเนติก เพื่อต้องการแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะมีประโยชน์กับผู้ที่ปฏิบัติงานว่าจะกลับมาเริ่มเดินระบบใหม่ได้หรือยัง ส่วนค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่แสดงเป็นตัวเลขที่หน้าจอภาพจะแสดงค่าที่เป็นปัจจุบัน

4.2.3 การเกิดฟอลต์ของมอเตอร์แบบแรงดันสูงเกิน

จากตารางที่ 4 และรูปที่ 20 เป็นการทำงานของมอเตอร์ในสภาวะผิดปกติแบบแรงดันไฟฟ้าสูงเกิน โดย

ทดสอบที่แรงดันไฟฟ้ามีค่า 255.00 V (จากตารางที่ 1 ที่สภาวะผิดปกติแบบแรงดันไฟฟ้าสูงเกิน กำหนดที่ค่าสูงกว่า 253 V) ส่วนกระแสมอเตอร์และอุณหภูมิขดลวดอยู่ในช่วงทำงานแบบปกติไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ที่สภาวะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการส่งสัญญาณไปตัดระบบไฟฟ้าที่จ่ายไปยังมอเตอร์ให้มอเตอร์หยุดการทำงาน ทำให้หลอด LED แสดงสภาวะแรงดันไฟฟ้าสูงเกินสว่างขึ้น ส่วนหลอด LED ดวงที่เหลือยังคงดับอยู่ ซึ่งสังเกตเห็นได้ว่าถ้าระบบไฟฟ้าของมอเตอร์ถูกสั่งตัดออกไปจากระบบแล้ว ค่าที่แสดงบนหน้าจอ LCD และที่หน้าจอมอนิเตอร์จะยังคงแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ เหมือนกับกรณีสภาวะผิดปกติแบบแรงดันต่ำเกิน

4.2.4 การเกิดฟอลต์ของมอเตอร์แบบกระแสสูงเกิน

จากตารางที่ 5 และรูปที่ 21 เป็นการทำงานของมอเตอร์ในสภาวะผิดปกติแบบกระแสไฟฟ้าสูงเกิน โดยทดสอบที่กระแสมอเตอร์มีค่า 6.11 A (จากตารางที่ 1 ที่สภาวะผิดปกติแบบกระแสมอเตอร์สูงเกิน กำหนดที่ค่าสูงกว่า 5.61 A) ส่วนแรงดันไฟฟ้ามอเตอร์และอุณหภูมิขดลวดอยู่ในช่วงทำงานแบบปกติไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ที่สภาวะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการส่งสัญญาณไปตัดระบบไฟฟ้าที่จ่ายไปยังมอเตอร์ให้มอเตอร์หยุดการทำงาน ทำให้หลอด LED แสดงสภาวะกระแสสูงเกินสว่างขึ้น ส่วนหลอด LED ดวงที่เหลือยังคงดับอยู่

4.2.5 การเกิดฟอลต์ของมอเตอร์แบบอุณหภูมิขดลวดสูงเกิน

จากตารางที่ 6 และรูปที่ 22 เป็นการทำงานของมอเตอร์ในสภาวะผิดปกติแบบอุณหภูมิขดลวดสูงเกิน โดยการทดสอบได้จำลองกรณีที่เกิดใบพัดลมระบายอากาศที่ด้านท้ายของมอเตอร์เกิดแตกหักหรือหลุดออก โดยได้ถอดใบพัดดังกล่าวออกแล้วทดสอบ ทำให้อุณหภูมิขดลวดสูงขึ้นไป 101°C (จากตารางที่ 1 ที่สภาวะผิดปกติแบบอุณหภูมิขดลวดสูงเกิน กำหนดที่ค่าสูงกว่า 100 °C) ส่วนแรงดันมอเตอร์และกระแสมอเตอร์อยู่

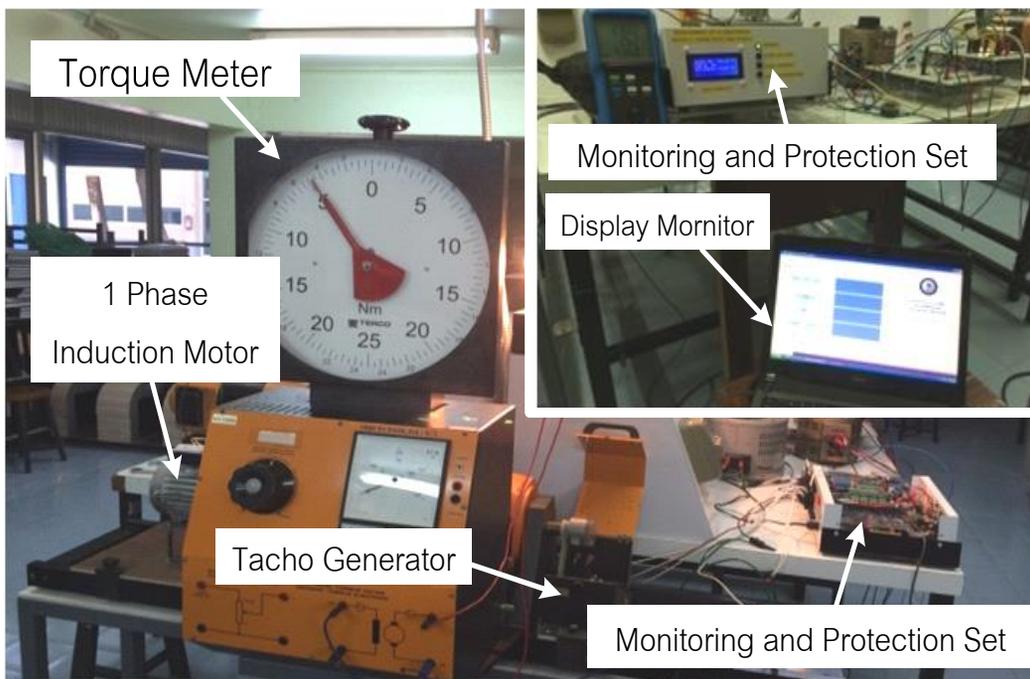
ในช่วงทำงานแบบปกติไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ที่สภาวะนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการส่งสัญญาณไปตัดระบบไฟฟ้าที่จ่ายไปยังมอเตอร์ให้มอเตอร์หยุดการทำงาน ทำให้หลอด LED แสดงสภาวะกระแสสูงเกินสว่างขึ้นส่วนหลอด LED ดวงที่เหลือยังคงดับอยู่

5. สรุปผล

เครื่องเฝ้าติดตามการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 1 เฟสที่ออกแบบและสร้าง มีภาคอินพุตเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ ขดลวดและความเร็วของมอเตอร์รวม 4 ช่องสัญญาณเพื่อเป็นอินพุตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลและควบคุมการทำงานที่ติดต่อกับโมดูล GSM เป็นตัวสื่อสารแบบไร้สาย โดยที่ภาคแสดงผลใช้จอ LCD หลอด LED และจอภาพมอเนอริเตอร์ ภาคฐานข้อมูลใช้ฮาร์ดดิสก์ในการบันทึก

ข้อมูลต่างๆ ของมอเตอร์ ส่วนภาคป้องกันใช้หน้าสัมผัสของตัวแมกเนติกในการตัดต่อระบบไฟฟ้ากำลัง

ผลลัพธ์จากการทดสอบในสภาวะปกติและสภาวะผิดปกติของแต่ละกรณี ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมออกไปยังโมดูล GSM(SMS) ตามช่วงระยะเวลาที่ตั้งค่าไว้ แต่ถ้าตรวจพบเจอฟอลต์แต่ละชนิดไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลออกไปยังโมดูล GSM ทันที และยังคงส่งสัญญาณไปยังวงจรป้องกันเพื่อตัดระบบไฟฟ้าออกจากมอเตอร์ ในการประยุกต์ใช้เครื่องเฝ้าติดตามฯ ดังกล่าวสามารถนำไปออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพิ่มเติม เพื่อใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า อื่น ๆ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวจะช่วยลดความยุ่งยาก เพิ่มความสะดวก รวดเร็วในด้านระบบติดตาม และการบันทึกข้อมูลต่างๆ ของมอเตอร์ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 23 ภาพถ่ายจริงขณะเก็บผลการทดลองของเครื่องเฝ้าติดตามและป้องกันฟอลต์มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบและในการสอบเทียบ

1. Torque Meter ยี่ห้อ Terco รุ่น MV 1026
2. Tacho Generator ยี่ห้อ Terco รุ่น MV1025
3. DC Machine ยี่ห้อ Terco รุ่น MV 1028
4. Synchronous Machine ยี่ห้อ Terco รุ่น MV1008
5. Digital Wattmeter ยี่ห้อ Metrix รุ่น PX110
6. คาบ เวลล์กาลิเบเตอร์ ยี่ห้อ Hart Scientific รุ่น 9140
7. Variac 1 เฟส

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณนายพนพร ศิระกุล นายรัฐพล เลิศสลัก นายศักรินทร์ บุญพัชร และนายอนุพงษ์ อิวชานา ที่มีส่วนสนับสนุนการทำงาน งานงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] I. C. H. Celik, I. Sefa, and S. Demirbas, "Online protection systems induction motors," *Energy Conversion and Management*, vol.46, pp. 2773-2786, 2005.
- [2] S. Kolla and L. Varatharasa, "Identifying three-phase induction motor faults using artificial neural networks," *ISA Transaction*, vol.39, pp. 433-439, 2000.
- [3] S. Kolla and S. Altman, "Artificial neural network based fault identification scheme implementation for a three-phase induction motor," *ISA Transaction*, vol.46, pp. 261-266, 2007.
- [4] R. Bayindir, I. Sefa, I. Colak, and A. Bektas, "Fault detection and protection of induction motors using sensors," *IEEE Transactions on energy conversion*, pp. 734–741, 2008.
- [5] B. K. Bose, "Neural network applications in power electronics and motor drives An introduction and perspective," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, pp.14-33, 2007.
- [6] V. N. Ghate and S. V. Dudul, "Cascade neural network-based fault classifier for three-phase Induction motor," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, pp. 1555-1563, 2011.
- [7] H. C. Cho, J. Knowles, M. S. Fadali, and K. S. Lee, "Fault detection and isolation of induction motors using recurrent neural networks and dynamic bayesian," *IEEE Transactions on control system technology*, pp. 430-437, 2010.
- [8] C. Tangsiriyorakul and S. Tudsum, "Fault Detection and protection of induction motor using artificial neural network," *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, vol. 23, no.1, pp. 42-51, Jan. 2013 (in Thai).
- [9] S. Tadsuan, P. Sukserm, and S. Tapeantong, "Fault detection and protection of induction motor," *SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY*, vol. 1, no.1, pp. 12-27, Jan. 2015 (in Thai).
- [10] T. Tejar, S. Tadsuan, and S. Tapeantong, "The development of temperature monitoring instrument for studying heat at terminal junction of oil immersed distribution transformers of PEA," in Proc. 31st *Electrical Engineering Conference (EECON-37)*, 19-21 Nov. 2014, pp. 137-140. (in Thai).
- [11] Annette von Jouanne and Basudeb Banerjee, "Assessment of voltage unbalance," *IEEE Trans*

action on Power Delivery, vol. 16, no.4, pp. 782-790, 2001.

- [12] IEEE Recommended practice for monitoring electric power quality, IEEE Std 1159-1995.
- [13] E. L. Brancatoa, “Estimation of lifetime expectancies of motor,” *IEEE Electrical Insulation Magazine*, May, pp. 5-13, 1992.
- [14] Tinamics co., Ltd. (2009 Dec. 08). “Motor with Temperature Utilization” [On line]. Available: http://www.tinamics.com/download/tinamics_com/motor_temp_rise.pdf



ธีรยุทธ รัตนสิทธิ์ : สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาตรี
(วศ.บ. ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเอเชีย
อาคเนย์ การทำงานตำแหน่ง
หัวหน้าหน่วยซ่อมบำรุง งานที่
เชี่ยวชาญได้แก่ การควบคุมแบบอัตโนมัติ

ประวัติผู้ประพันธ์



สิริวิช ทัดสวน : สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาโท
(วศ.ม. ไฟฟ้า) สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบัน

ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชา
วิศวกรรมไฟฟ้า งานวิจัยที่สนใจ ได้แก่ คุณภาพไฟฟ้า
การศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียและความร้อนใน
เครื่องจักรกลไฟฟ้า ระบบสมองกลฝังตัว การประยุกต์ใช้
โครงข่ายประสาทเทียมกับเครื่องจักรกลไฟฟ้า



สุกเดช ตะเพียนทอง: สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาตรี
(วศ.บ. ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเอเชีย
อาคเนย์ ปัจจุบันกำลังศึกษา
ระดับปริญญาโท สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า งานวิจัยที่สนใจ ได้แก่ คุณภาพไฟฟ้า
กำลัง การศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียและความร้อนใน
หม้อแปลงไฟฟ้า ระบบสมองกลฝังตัว