การประชุมวิชาการ
ทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45

The 45th Electrical Engineering Conference (EECON-45)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Srinakharinwirot University

วันที่ 16-18 พฤศจิกายน 2565

ณ ภูสักธารรีสอร์ท อำเภอเมือง
จังหวัดนครนายก

สารจากอธิการบดี
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering Conference หรือ EECON) เป็นการประชุมทางวิชาการระดับชาติ เพื่อพัฒนาความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเพิ่มขีดความสามารถในด้านการวิจัยในศาสตร์สาขาทางวิศวกรรมไฟฟ้าของคณาจารย์ นิสิต/นักศึกษา นักวิจัย ผู้ปฏิบัติงานในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและสาขาที่เกี่ยวข้องจากสถาบันการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อนำเสนอผลงานวิจัยและนวัตกรรม เป็นเวทีแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางด้านงานวิจัยและเสริมสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างกัน ทั้งยังช่วยให้เกิดความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคผู้ประกอบการ

ในปี พ.ศ.2565 นี้ นับเป็นการจัดงานการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าขึ้นเป็น ครั้งที่ 45 (The 45th Electrical Engineering Conference: EECON-45) โดยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพ

ในนามอธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอแสดงความยินดีกับผู้นำเสนอบทความในการประชุม EECON-45 ทุกท่าน และขอให้การประชุมทางวิชาการในครั้งนี้ดำเนินการไปอย่างเรียบร้อย เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และการสร้างนวัตกรรมของพวกท่านทั้งหลาย ได้รับฟังมุมมองและแนวคิดใหม่ ๆ ของนักวิชาการ สร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาที่เข้าร่วมในเครือข่ายและภาคผู้ประกอบการอย่างเป็นรูปธรรม และประสบความสำเร็จดังที่คาดหวังไว้ทุกประการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สารจากคณบดี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

นับเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 45 ระหว่างวันที่ 16 – 18 พฤศจิกายน 2565 ณ ภูสักธาร รีสอร์ท จังหวัดนครนายก ซึ่งเป็นการสร้างเครือข่ายความเข้มแข็งทางวิชาการ ความร่วมมือระหว่าง สถาบันการศึกษาที่เข้าร่วมเครือข่าย นับเป็นโอกาสอันดีสำหรับอาจารย์ นิสิต นักศึกษา และนักวิจัยที่ช่วยกันสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรม นำไปสู่การยกระดับคุณภาพมาตรฐานการศึกษา และงานวิจัยให้เกิดการพัฒนาในการแข่งขันของประเทศอย่างยั่งยืน ตลอดจนสร้างเครือข่ายกับหน่วยงานภายนอกสถานศึกษา

ในนามของคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอขอบคุณคณะกรรมการดำเนินงาน เจ้าหน้าที่ ผู้ให้การสนับสนุน ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยกันจัดงานครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยของพวกท่านทั้งหลาย ได้รับฟังมุมมองและแนวคิดใหม่ของนักวิชาการและสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษา และขอแสดงความยินดีกับผู้นำเสนอบทความในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 45 นี้ทุกคน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมภพ รอดอัมพร)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สารจากนายกสมาคม
วิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย)

ในนามของ **สมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย)** หรือ **Electrical Engineering Academic Association (Thailand) - EEAAT** รู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติจาก **ภาควิชาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ** ในการรับเป็นเจ้าภาพร่วมในการจัด **การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45** หรือ **EECON-45 (The 45th Electrical Engineering Conference)** ระหว่างวันที่ 16-18 พฤศจิกายน 2565 นี้ จากความมุ่งมั่นและตั้งใจในการดำเนินการร่วมกันกับคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมอันประกอบด้วยสมาชิกจากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าของสถาบันอุดมศึกษาต่าง ๆ ทั่วประเทศ ทำให้งาน EECON-45 ในปีนี้มีการเตรียมการเป็นอย่างดี จนทำให้ได้งานประชุมวิชาการที่มีคุณภาพ มีสีสรร และมีความหลากหลายทางวิชาการเหมาะกับในยุคที่เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเป็นอย่างดี

พร้อมกันนี้ สมาคม EEAAT ขอต้อนรับนักวิชาการ นักวิจัย วิศวกร นักเทคโนโลยี และผู้ร่วมประชุมวิชาการ EECON-45 ทุกท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่า EECON-45 ยังคงเป็นเวทีสำคัญที่จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้และการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ในศาสตร์ของวิศวกรรมไฟฟ้าและศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรวมไปถึงด้าน ไฟฟ้ากำลัง ไฟฟ้าสื่อสาร อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบควบคุมและเครื่องมือวัด พลังงาน การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล โฟโตนิกส์ วิศวกรรมชีวการแพทย์ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้กับงานด้านต่าง ๆ เราเชื่อว่าองค์ความรู้ที่ได้จากงาน EECON-45 จะเป็นฐานรากในการพัฒนาสังคมและประเทศชาติ รวมถึงต่อยอดสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ เพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับคนไทยได้อย่างยั่งยืน

ขอขอบคุณทีมงานเจ้าภาพ (ภาควิชาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ) คณะกรรมการดำเนินการฯ ผู้ส่งบทความ ผู้พิจารณาบทความ สปอนเซอร์ผู้สนับสนุน วิทยากรบรรยายรับเชิญ และผู้ร่วมประชุมทุกท่านที่ทำให้งาน EECON-45 ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดียิ่ง หวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกท่านคงไม่เพียงจะได้รับความรู้ทางวิชาการ แต่ยังคงได้มีโอกาสสร้างและสานต่อเครือข่ายทางวิชาการให้เข้มแข็งอีกด้วย

รองศาสตราจารย์ ดร. อธิคม ฤกษบุตร
นายกสมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า(ประเทศไทย) – EEAAT

สารจากประธานจัดงาน
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45 (EECON-45) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพในการจัดงานครั้งนี้ โดยได้รับความร่วมมืออย่างดีจากผู้บริหารในทุกระดับชั้นของมหาวิทยาลัย และคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ส่วนกลางของคณะฯ ตั้งแต่การเตรียมการดำเนินงานและประเมินผลการจัดงานที่เกิดขึ้น รวมทั้งได้รับข้อมูล ข้อคิดเห็น และข้อแนะนำที่ดีจากประสบการณ์จริงของคณะกรรมการตัวแทนสถาบันที่ได้ดำเนินงานเป็นเจ้าภาพที่ผ่านมา

ในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45 นี้ เป็นเวทีที่สำคัญในการรับความรู้ใหม่ ๆ ที่ทันสมัยจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกและเป็นเวทีแลกเปลี่ยนความรู้ ของอาจารย์ นิสิตและนักศึกษา ของมหาวิทยาลัย สถาบันและวิทยาลัยเทคนิคต่าง ๆ ที่ผ่านการกลั่นกรองคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ซึ่งมีบทความในการประชุมครั้งนี้เป็นจำนวน 157 บทความ โดยเกี่ยวข้องกับกลุ่มหัวข้อบทความวิจัยในสาขาไฟฟ้าสื่อสาร ไฟฟ้ากำลัง อิเล็กทรอนิกส์กำลัง พลังงานทดแทน การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล โฟโตนิกส์ ระบบควบคุมและการวัดคุม คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ อิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมชีวการแพทย์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า คณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45 ขอแสดงความขอบคุณคณะทำงานและผู้มีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายที่ได้เสียสละเวลา กำลังกาย กำลังความคิดในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของการจัดประชุมครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อย่างไรก็ตามหากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะกรรมการดำเนินงานต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนิศา คุณารักษ์)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายชื่อบทความสาขาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

หมายเลขบทความ	ลำดับบทความ	ชื่อบทความ	หน้าที่
P02606	iPE-1	การประเมินสมรรถนะของเทคนิคการมอดูเลตความกว้างพัลส์ต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องสำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส (บทความรับเชิญ)	242
P02318	PE-1	การจำลองควบคุมเชิงเวกเตอร์ทางอ้อมสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำป้อนด้วยเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ขับเคลื่อนด้วยกังหันลมแปรความเร็วได้	246
P02427	PE-2	อุปกรณ์ช่วยระบายความร้อนของโทรศัพท์มือถือขณะใช้งานและชาร์จแบตเตอรี	250
P02476	PE-3	การบรรเทาการขาดเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังเอซีเป็นดีซีที่มีโหลดเป็นวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้วิธีลูปยกเลิก	254
P02507	PE-4	เทคนิคการอินเทอลีฟหลายชั้นสำหรับวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรงแบบกึ่งบริดจ์ที่มีการสวิตช์แบบนุ่มนวล	258
P02523	PE-5	อินเวอร์เตอร์แหล่งจ่ายอิมพีแดนซ์เฟสเดียวสำหรับแหล่งจ่ายพลังงานทดแทน	262
P02525	PE-6	การขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ควบคุมด้วยสัญญาณพีดับบลิวเอ็มแบบไซน์ที่มีการปรับค่าความถี่เอาท์พุท	266
P02534	PE-7	การศึกษาผลกระทบของการปรับค่าความถี่ในการสวิทช์ของสัญญาณพีดับบลิวเอ็มแบบไซน์สำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส	270
P02500	PE-8	การประยุกต์ใช้ Hardware in the Loop (HiL) สำหรับพัฒนาวงจรคอนเวอร์เตอร์กระแสตรงแบบสองทิศทางด้วยเทคนิคอินเตอร์ลีฟ สำหรับแบตเตอรี่แรงดันสูงที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า	274

การขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ควบคุมด้วยสัญญาณพีดับบลิวเอ็มแบบไซน์ที่มีการปรับค่าความถี่เอาท์พุท

Single-Phase Induction Motor Drive using the Single-Phase AC-AC Matrix Converter Controlled by the Sinusoidal Pulse Width Modulation with Adjustable the Output Frequencies

สถาพร เสือเทศ [1] สันติสุข สว่างกล้า[2] ประสพโชค โห้ทองคำ [3] จิระศักดิ์ ส่งบุญแก้ว[4]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ sataporn.sua@rmutr.ac.th

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม santisuk@siam.edu

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ prasopchok.hot@rmutr.ac.th

[4]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี jirasak@thonburi-u.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ใช้วงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่มีการแปลงผันพลังงานไฟฟ้าเพียงขั้นตอนเดียวโดยตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสที่ไม่มีส่วนเชื่อมโยงไฟฟ้าดีซี ซึ่งจะทำการแปลงผันไฟฟ้าเอซีอินพุทหนึ่งเฟสที่ความถี่และขนาดคงที่ให้เป็นไฟฟ้าเอซีเอาท์พุทหนึ่งเฟสที่สามารถปรับได้ทั้งความถี่เอาท์พุทและขนาดแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทได้ด้วยสัญญาณพีดับบลิวเอ็มแบบไซนูซอยดอล(SPWM) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของสวิทช์สองทิศทางที่ใช้ในการตัดต่อไฟฟ้าเอซีอินพุท ซึ่งสามารถปรับความถี่ทางด้านเอาท์พุทที่ค่า 12.5Hz, 25Hz, และ 50Hz เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟส ผลการทดสอบได้ทำการทดสอบด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink เพื่อทำการทดสอบระบบการขับเคลื่อนนี้ ผลการทดสอบได้ทำการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความเร็วรอบและแรงบิดหรือทอร์คของระบบขับเคลื่อนนี้ เพื่อนำมาทำการประเมินสมรรถนะของระบบขับเคลื่อนนี้ โดยจะใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบออกแบบ และสร้างระบบจริงต่อไป

คำสำคัญ: เอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟส การประเมินสมรรถนะ

Abstract

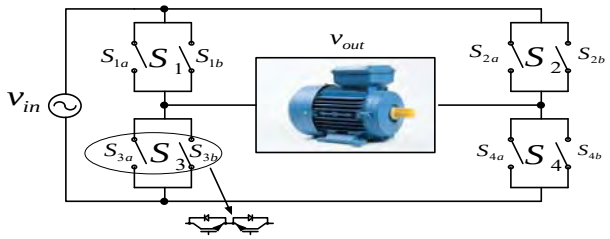
This paper presents the Single-Phase Induction Motor Drive System with the Single-Phase AC-AC Matrix Converter. This converter is converts directly from the single-phase utility supply to the loads without the DC Link circuit. And this converter is conversion the fixed amplitude and frequency single-phase AC input to the variable amplitude and frequencies single-phase AC output that can be adjusted by the SPWM signals for control the bi-directional switches. The output frequencies are 12.5Hz, 25Hz, and 50Hz for speed control of the induction motor. The results are simulated by the MATLAB/Simulink program. These results are the voltage and current waveforms, speed, and torque for the performance evaluation of this system. These data are used for the implementation of the prototype in the future work.

Keywords: AC-AC Matrix Converter, Single-Phase Induction Motor, Performance Evaluation

1. บทนำ

ในปัจจุบันมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสมีการนำมาใช้งานมากมายหลายอย่างในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในครัวเรือน เช่น เครื่องซักผ้า พัดลม ระบบเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น รวมทั้งในงานอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย นอกจากนั้นยังคงมีงานวิจัยต่างๆที่ทำการวิจัยในด้านการควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสอยู่ ดังนี้ มีการนำเสนอการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ใช้วงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีการใช้ Power MOSFET เพียงสามตัวต่อกัน เพื่อทำการควบคุมค่า flux linkage ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ด้านปฐมภูมิส่วนด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าทำการต่อกับมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟส แล้วมีการนำวงจร bang-bang มาใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่สร้างสัญญาณควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อควบคุมการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์แล้วทำการทดสอบสมรรถนะของระบบซึ่งได้ผลดีทั้งจากการจำลองและการทดลอง [1] อีกทั้งมีการนำเสนอการควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยการใช้ Triac ต่ออนุกรมกับมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟส เพื่อเป็นตัวควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสและเพื่อศึกษาการลดค่าของ Iron Losses ในการขับเคลื่อนนี้และอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและมีการลดค่าฮาร์มอนิกในกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วย [2] มีการนำเสนอการวิเคราะห์การใช้งานวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่ใช้สัญญาณควบคุมการทำงานของสวิทช์แบบพีดับบลิวเอ็มแบบไม่สมมาตร เพื่อทำการจำลองการทำงานการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ไม่มีตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบลูปปิด ซึ่ง

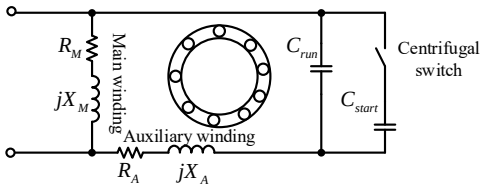
ผลการจำลองเป็นที่น่าพอใจ [3] นอกจากนั้นยังมีการนำเสนอการคาดเดาและวิเคราะห์การทำงานในช่วงของพลวัตและสภาวะคงตัวของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าแบบใช้ตัวเก็บประจุในช่วงสตาร์ทและรันที่มีค่าตัวเก็บประจุที่ต่างกันแต่ใช้ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าค่าเดียวกันที่สภาวะมีและไม่มีโหลดด้วยการควบคุมแบบลูปปิดและลูปเปิด โดยการขับเคลื่อนด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสแล้วทำการวิเคราะห์ค่า total harmonic distortion (THD) ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของระบบเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างการควบคุมแบบลูปเปิดกับแบบลูปปิด ด้วยการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ซึ่งผลการจำลองเป็นไปด้วยดีสามารถทำการเปรียบเทียบได้ผลเป็นอย่างดี [4] ซึ่งในงานวิจัยส่วนมากยังคงใช้วงจรที่มีการแปลงผันพลังงานที่มีการสูญเสียพลังงานในวงจรอยู่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะของการขับขับเคลื่อนมอเตอรีเหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยการใช้วงจรแปลงผันพลังงานเพียงขั้นตอนเดียวหรือที่เรียกว่า วงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสดังรูปที่ 1 มาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟส ซึ่งมีข้อดีคือสามารถขจัดส่วนวงจรเชื่อมโยงดีซี (DC Link) ในวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้อยู่ได้ โดยจะทำการจำลองระบบการขับเคลื่อนด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink สามารถทำการปรับค่าความถี่เอาท์พุทที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ค่าความถี่เอาท์พุทเท่ากับ 12.5Hz, 25Hz, และ 50Hz เพื่อประเมินสมรรถนะของระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์นี้ ด้วยการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความเร็วรอบ และแรงบิดหรือทอร์ค เพื่อทำการประเมินสมรรถนะของระบบการขับเคลื่อนนี้ต่อไป



รูปที่ 1 วงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส

2. มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟส [5-7]

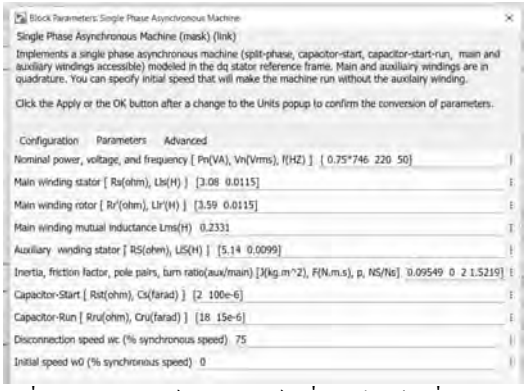
มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ใช้ในการจำลองและทดสอบในการขับเคลื่อนระบบนี้ใช้เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสชนิด Capacitor-start, Capacitor-run ดังรูปที่ 2 โดยมีค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสดังรูปที่ 3



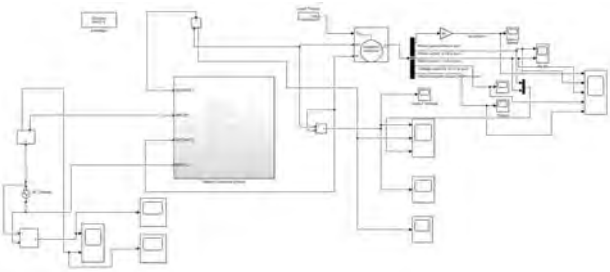
รูปที่ 2 มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสแบบ Capacitor-start, Capacitor-run ที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

3. การจำลองการทำงานของการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส

การจำลองการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสแบบ Capacitor-start, Capacitor-run ด้วยวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสนั้น มีลักษณะของระบบที่ใช้ในการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสแบบ Capacitor-start, Capacitor-run ที่ใช้ในการจำลองการทำงาน



รูปที่ 4 ระบบของการทดสอบการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส

จากรูปที่ 4 จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นวงจรสวิทช์กำลังและวงจรควบคุมการทำงานของสวิทช์ วงจรสวิทช์กำลังจะประกอบด้วยสวิทช์สองทิศทางจำนวน 4 ชุด ที่ต่อกันดังรูปที่ 1 ส่วนวงจรควบคุมการทำงานของสวิทช์จะประกอบด้วย SPWM generator, Phase detector, Desired frequency และวงจรควบคุม CCS โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

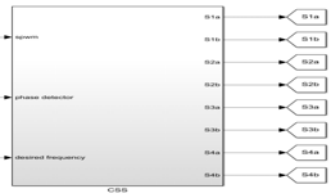
1. SPWM Generator เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างสัญญาณพีดับบลิวเอ็มแบบ Sinusoidal PWM หรือ SPWM ที่ใช้สัญญาณไซน์เป็นสัญญาณอ้างอิง (reference signal) และสัญญาณสามเหลี่ยมเป็นสัญญาณพาหะ (carrier signal) นำมาเปรียบเทียบกันเพื่อสร้างเป็นสัญญาณพัลส์ ในการปรับความถี่และอัตราการมีอดของสัญญาณพีดับลิวเอ็มสามารถทำได้ตามสมการที่ (1) และ (2) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการปรับความถี่เอาท์พุทที่ค่า 12.5Hz, 25Hz, และ 50Hz และทำการปรับอัตราการมีอดของสัญญาณ SPWM ไว้ที่ค่าเท่ากับ 0.8

$$m_f = \frac{f_{tri}}{f_{sine}} \tag{1}$$

$$m_a = \frac{V_{m,\sin e}}{V_{m,tri}} \quad (2)$$

2. Phase Detector ทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อเป็นสัญญาณให้กับวงจรควบคุม CCS เพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณขับนำสวิทช์สองทิศทางในวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสต่อไป

(ก) วงจรควบคุมการทำงานของสวิทช์สองทิศทาง



(ข)วงจรควบคุมส่วน CCS

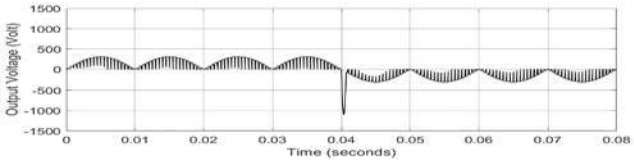
รูปที่ 5 วงจรควบคุมการทำงานของสวิทช์สองทิศทางในวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส

3. Desired Frequency ทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีค่าความถี่ต่างๆ คือ 12.5Hz, 25Hz, และ 50Hz เพื่อใช้เป็นสัญญาณพัลส์ ให้กับวงจรควบคุม CCS ต่อไป

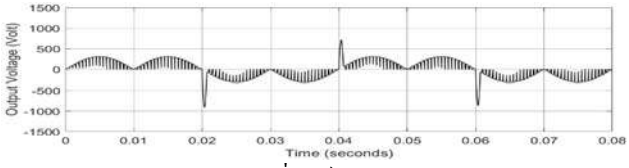
4. วงจรควบคุม CCS เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณพัลส์ PWM ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของสวิทช์สองทิศทางในวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟส โดยจะได้รับสัญญาณ SPWM, Phase detector, และ Desired frequency มาทำการประมวลผลเพื่อสร้างสัญญาณพัลส์ PWM ต่อไป โดยภายในส่วนวงจรนี้จะประกอบด้วยวงจรโลจิกต่างๆที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นวงจรควบคุมส่วน CCS นี้ ซึ่งจะทำการสร้างสัญญาณ PWM เพื่อไปขับนำสวิทช์สองทิศทางดังแสดงได้ในรูปที่ 1 คือ $S_{1a}, S_{1b}, S_{2a}, S_{2b}, S_{3a}, S_{3b}, S_{4a}$, และ S_{4b}

4. ผลการทดสอบระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟส

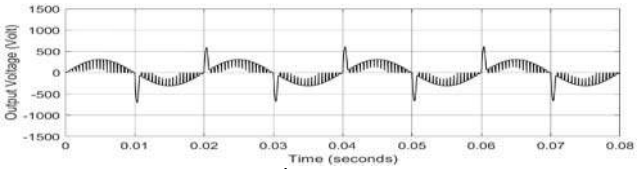
การจำลองการทำงานของการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสแบบ Capacitor-start, Capacitor-run ด้วยวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่มีการปรับค่าความถี่เอาท์พุทที่ค่า12.5Hz, 25Hz, และ 50Hz เพื่อพิจารณาตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความเร็วรอบ และแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้านี้ ได้ใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าพิกัด 1Hp, 220V, 50Hz โดยมีค่าพารามิเตอร์ดังในรูปที่ 3 มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสได้รับค่าแรงบิดที่ทดสอบกับโหลดขนาด 2.5N.m สัญญาณพีดับลิวเอ็มที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของสวิทช์สองทิศทางในวงจรเอซี-เอซีเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสนี้ใช้สัญญาณพีดับบลิวเอ็มแบบ SPWM ที่มีอัตราการม็อดดูเลตที่ค่า 0.8 ความถี่ในการสวิทช์เท่ากับ 2kHz และวงจรเอซี-เอซีเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสได้รับแรงดันไฟฟ้า 220V, 50Hz จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า หลังจากนั้นทำการจำลองได้ผลการจำลองดังรูปข้างล่างดังนี้



(ก)ความถี่เอาท์พุท 12.5Hz



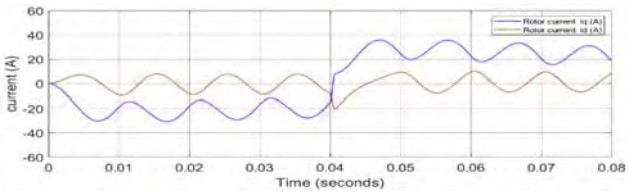
(ข)ความถี่เอาท์พุท 25Hz



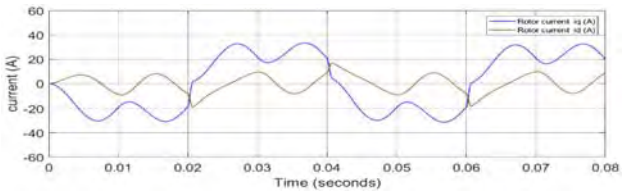
(ค)ความถี่เอาท์พุท 50Hz

รูปที่ 6 ลักษณะรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทที่ค่าความถี่ต่างๆ

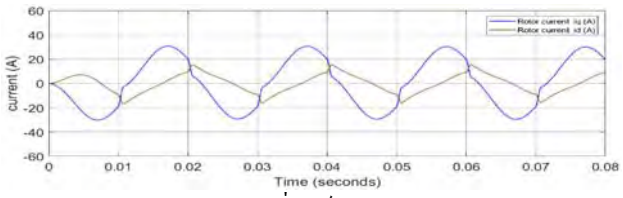
จากรูปที่ 6 เป็นแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทขณะทำการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่มีการปรับค่าความถี่เอาท์พุทที่ค่า 12.5Hz, 25Hz, และ 50Hz ซึ่งจะมีสไปร์คเกิดขึ้นที่ช่วงเปลี่ยนถ่ายในครึ่งไซเคิล โดยจะสามารถแก้ไขได้ด้วยการใส่วงจรสนับเบอร์ (snubber circuit) เข้าไปที่สวิทช์สองทิศทางของวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสนี้



(ก)ความถี่เอาท์พุท 12.5Hz

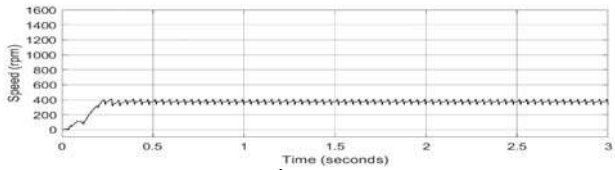


(ข)ความถี่เอาท์พุท 25Hz

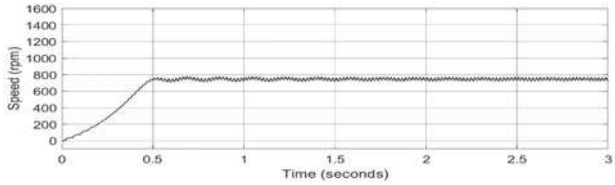


(ค)ความถี่เอาท์พุท 50Hz

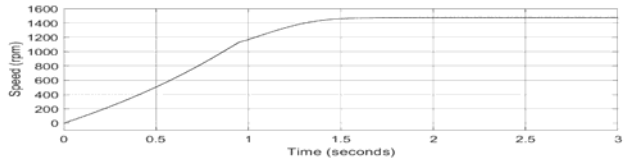
รูปที่ 7 ลักษณะรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าที่โรเตอร์ Id และ Iq ที่ค่าความถี่ต่างๆ



(ก)ความถี่เอาท์พุท 12.5Hz



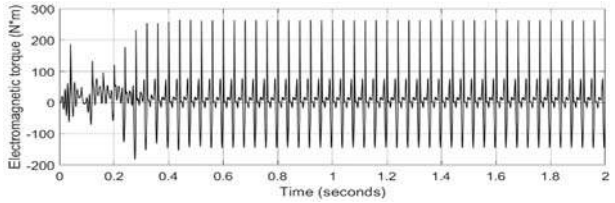
(ข)ความถี่เอาท์พุท 25Hz



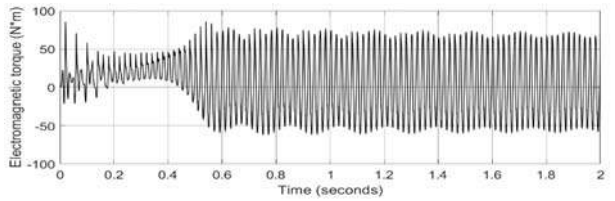
(ค)ความถี่เอาท์พุท 50Hz

รูปที่ 8 ความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ค่าความถี่ต่างๆ

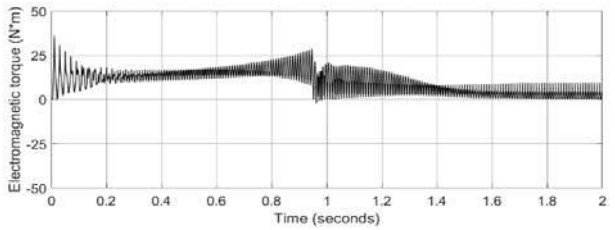
กระแสไฟฟ้าโรเตอร์ทั้งสองแกนคือ Id และ Iq ที่ค่าความถี่เอาท์พุทต่างๆสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงสัญญาณไซน์และมีค่ามุมแตกต่างกัน 180 องศา รวมทั้งความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ทดสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8 พบว่ามีการเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state condition) ตามค่าความถี่เอาท์พุทที่เปลี่ยนแปลงไปแต่ที่ค่าความถี่ต่ำจะมีการกระเพื่อมคอนข้างมากดังรูปที่ 8



(ก)ความถี่เอาท์พุท 12.5Hz



(ข)ความถี่เอาท์พุท 25Hz



(ค)ความถี่เอาท์พุท 50Hz

รูปที่ 9 แรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ทำการทดสอบโดยจ่ายค่าแรงบิดทางกลที่ค่า 2.5N.m ที่ค่าความถี่ต่างๆ

แรงบิดที่ได้จากการจำลองของมอเตออร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ทำการทดสอบวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 9 ที่ค่าความถี่เอาท์พุทต่างๆ โดยทำการจ่ายค่าแรงบิดทางกลที่ค่า 2.5 N.m พบว่ามีค่าการกระเพื่อมของค่าแรงบิดที่ลดลงเมื่อค่าความถี่เอาท์พุทเพิ่มขึ้น

5. สรุปผลการทดสอบ

จากการจำลองการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสที่ทำการขับเคลื่อนด้วยวงจรเอซี-เอซี เมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์หนึ่งเฟสที่มีการปรับค่าความถี่เอาท์พุทที่ค่า 12.5Hz, 25Hz, และ 50Hz ได้ทำการพิจารณาค่ากระแสไฟฟ้า Iq และ Id ดังผลการทดลองมีความแตกต่างของค่ามุมของกระแสไฟฟ้าที่ค่า 180 องศา และสามารถปรับความถี่ได้ตามค่าความถี่เอาท์พุท อีกทั้งค่าแรงบิดที่ความถี่ต่ำมีค่ากระเพื่อมมากกว่าที่ค่าความถี่สูง นอกจากนั้นยังพบว่าสามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสได้ดังผลการจำลองที่แสดงไปดังกล่าวข้างต้น ซึ่งผลการจำลองนี้สามารถนำไปออกแบบและสร้างระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าหนึ่งเฟสด้วยวงจรเอซี-เอซีเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] A.S.Zein El-Din and A.E.El-Sabbe,“A New Speed Control Technique for Single-phase Induction Motor”, IEEE 1999 International Conference on Power Electronics and Drives, PEDS’99, July 1999, Hong Kong.

[2] Joseph D. Law and Thomas A. Lipo,“A Single Phase Induction Motor Voltage Controller with Improved Performance”, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.PE-1, No.4, October 1986

[3] Shreedhar Tiwari and Mini Sujith, “Analysis of Closed Loop Control of Matrix Converter for Capacitorless Single Phase Induction Motor for Variable Speed Operation”, 2017 International Conference on Smart Technologies for Smart Nation (SmartTechCon) 17-19 Aug. 2017

[4] S.Sri Krishna Kumar and P.K. Dhal, “Analysis of Dynamic Performance Based Inverter fed Single Phase Induction Motor”, 2017 International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS-2017) Jan. 06-07, 2017, Coimbatore, India.

[5] Chee-Mun Ong, “Dynamic Simulation of Electric Machinery :Using Matlab/Simulink”, Prentice-Hall Inc, 1998.

[6] Stephen J. Chapman, “Electric Machinery Fundamentals”, Second Edition, McGRAW-Hill, 1991.

[7] Paul C. Krause, Oleg Wasynczuk, and Scott D. Sudhoff, “Analysis of Electric Machinery and Drive Systems”, Second Edition, IEEE Press, Wiley-Interscience, 2002.

SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY

Faculty of Engineering

SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY

Electrical Engineering

SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY