

การพัฒนาแบบจำลองระบบพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมโยกระบบกริดโดยใช้โปรแกรมแมทแลบซิมูลิงค์ Development Simulation Model of Grid Connected Solar System Using MATLAB Simulink

สุรชา พันธ์ชัย¹ ณัฐชนันท์ ปลายเนตร² และ ศุภชัย ปลายเนตร^{3*}

^{1,3} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ononohg@gmail.com, prainetr@npu.ac.th*

² สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม nutchanun.p@npu.ac.th

บทคัดย่อ

การเชื่อมโยกระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์กับโครงข่ายไฟฟ้าเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มสัดส่วนพลังงานสะอาด แต่มักพบปัญหาด้านคุณภาพไฟฟ้าและความเสถียร บทความวิจัยนี้มุ่งศึกษาพฤติกรรมของระบบโซลาร์เซลล์ขนาด 100 กิโลวัตต์แบบเชื่อมโยกริด โดยใช้การจำลองด้วยแมทแลบซิมูลิงค์ เพื่อวิเคราะห์การจ่ายพลังงานและคุณภาพไฟฟ้าในสถานะที่มีโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำ ผลการวิจัยพบว่า การเชื่อมโยกับโครงข่ายช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายพลังงาน โดยสามารถสนับสนุนโหลดได้ต่อเนื่องและส่งพลังงานส่วนเกินกลับสู่ระบบ ขณะเดียวกันอินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับช่วยลดค่าฮาร์โมนิกส์ทั้งหมด (THD) ได้ดีกว่าวิธีการเดิม ทำให้คุณภาพไฟฟ้าโดยรวมดีขึ้น ผลการวิจัยพบว่า การใช้วิธีการจำลองเป็นเครื่องมือสามารถสะท้อนการทำงานของระบบ และเป็นแนวทางสำคัญสำหรับการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมโยกริดที่มีเสถียรภาพและมีประสิทธิภาพสูงในอนาคต

คำสำคัญ: แบบจำลอง พลังงานแสงอาทิตย์ ระบบกริด แมทแลบซิมูลิงค์

Abstract

The integration of photovoltaic power systems into the electrical grid is a key point for increasing the support of clean energy. However, challenges of power quality and system stability critical issues. This paper investigates the behavior of a 100 kW grid-connected PV system using MATLAB Simulink as the simulation model. The objective is to analyze power delivery efficiency and power quality under inductive motor load conditions. Simulation results reveal that grid integration enhances energy efficiency by maintaining continuous load support and enabling power connect to the network. Furthermore, the adoption of a multilevel inverter significantly reduces the total harmonic distortion (THD) compared to conventional approaches, thereby improving overall power quality. The findings confirm that simulation based analysis provides a reliable reflection of real-world system performance and offers practical guidelines for the design of stable and efficient grid-connected PV systems in future renewable energy applications.

Keywords: Simulation Model, Pphotovoltaic, Grid-connect, Matlab Simulink

1. บทนำ

ปัจจุบัน ระบบการผลิตและจัดการพลังงานทั่วโลกกำลังอยู่ในช่วงของการเปลี่ยนผ่านอย่างมีนัยสำคัญ โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานหมุนเวียน

เป็นทางเลือกหลักแทนการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญของ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปัญหาล้างแฉดล้อมระดับโลก พลังงานแสงอาทิตย์นับเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่โดดเด่นที่สุด เนื่องจากมีความพร้อมใช้งานสูง มีศักยภาพในการขยายกำลังผลิตตามความต้องการ และสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลายบริบท โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความต้องการพลังงานสูงในช่วงกลางวัน เช่น สถานศึกษา โรงพยาบาล หรืออาคารสำนักงาน ซึ่งสามารถสอดคล้องกับช่วงเวลาในระบบโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic) หรือ PV ผลิตพลังงานได้สูงสุด

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าระบบ PV เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายรูปแบบ ทั้งในระบบที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า (grid-connected) และระบบอิสระ (off-grid) [1]–[4] แผงโซลาร์เซลล์แบบ PV ประกอบขึ้นจากการต่อแผงในรูปแบบอนุกรมหรือขนาน โดยมีอินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับเพื่อใช้งาน อย่างไรก็ตาม พลังงานที่ผลิตได้จากแผง PV มักมีความไม่สม่ำเสมอเนื่องจากปัจจัยภายนอก เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ทิศทางของแสง และอายุของแผง [2-3] นักวิจัยหลายรายจึงได้เสนอแนวทางการผนวกแหล่งจัดเก็บพลังงาน เช่น แบตเตอรี่ หรือระบบจัดการโหลด เข้ากับระบบ PV เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและประสิทธิภาพของการจ่ายพลังงานในระยะยาว [4]–[12]. การใช้พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน อย่างไรก็ตามก่อนการติดตั้งระบบจริง การศึกษาแบบจำลองสามารถลดความเสี่ยงต่อการออกแบบที่ผิดพลาด ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายด้านต้นทุนและก่อนการลงทุนสร้างระบบจริง

บทความนี้สนับสนุนการออกแบบและจำลองพลังงานทดแทน ผู้วิจัยมุ่งเน้นดังนี้

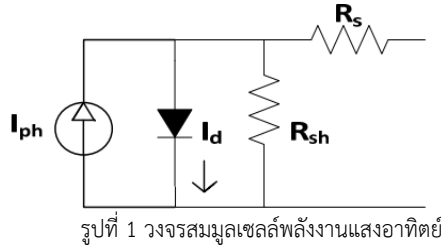
1. การออกแบบระบบจำลองและวิเคราะห์ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับโครงข่ายขนาด 100 กิโลวัตต์
2. การประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายพลังงานไฟฟ้าอุตสาหกรรมชุมชน

2. แบบจำลองพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์และเซลล์แสงอาทิตย์

การจำลองพฤติกรรมของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้วงจรไฟฟ้าเทียบเท่า ซึ่งแบบจำลองที่นิยมคือ แบบไดโอดเดี่ยว (Single Diode Model) โดยประกอบด้วยแหล่งกระแสไฟฟ้า (แทนพลังงานจากแสงอาทิตย์), ไดโอด , ตัวต้านทานอนุกรม และตัวต้านทานขนาน เพื่อสะท้อนลักษณะการสูญเสียพลังงานจริงในระบบ เซลล์จะผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง อุณหภูมิ และคุณสมบัติของวัสดุเซลล์แสงอาทิตย์[5]

* prainetr@npu.ac.th



เมื่อ I_{ph} คือกระแสเกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์

R_{sh} และ R_s คือความต้านทานของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ต่อขนานและอนุกรม ซึ่งสมการพื้นฐานของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์คือ

$$I = I_{ph} - I_{os} \left\{ \exp \left[\frac{q}{AKT} (V + IR_s) \right] \right\} \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

$$I_{os} = I_{or} (T / T_r)^3 \exp \left[\frac{qE_{go}}{AK} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (2)$$

$$I_{ph} = [I_{SCR} + k_r (T - T_r)] \lambda / 1000 \quad (3)$$

จากสมการที่ (1)

I คือ กระแสไฟฟ้าขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์

V คือ แรงดันไฟฟ้าขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์

λ คือ ความหนาแน่นของค่าความเข้มของแสง (irradiance density)

q คือ ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอนหนึ่งตัว (1.6×10^{-19} ev/k)

A คือ ค่าสัมประสิทธิ์เฉพาะของแบบจำลองไดโอดเทียบเท่า

T_r คือ อุณหภูมิอ้างอิง T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของเซลล์แสงอาทิตย์

E_{go} คือ พลังงานแถบช่องว่าง (Energy Bandgap) ของรอยต่อ PN

K คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann

จากสมการที่ (2) - (3)

I_{os} คือ กระแสย้อนกลับของรอยต่อ PN

I_{or} คือ กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ (backward saturated current)

I_{scr} คือกระแสที่เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์

P_v การจัดเรียงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนานและแบบอนุกรมจะก่อให้เกิดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV array)

N_p คือจำนวนเซลล์ที่ต่อแบบขนานแทนด้วย และ N_t คือจำนวนเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมด

$$V_s = N_s V_c \quad (4)$$

$$I_a = N_p I_d \quad (5)$$

$$P_a = N_t P_c \quad (6)$$

จากสมการที่ (4)-(5) คือ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์คำนวณได้จากสมการที่ (6)

2.2 การแปลงพลังงานด้วยอินเวอร์เตอร์

กระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ไม่สามารถใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปในระบบโครงข่ายได้โดยตรง จึงต้องแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) ด้วยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยเฉพาะอินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับ (Multilevel Inverter) ซึ่งสามารถลดฮาร์มอนิกส์และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับอินเวอร์เตอร์แบบทั่วไป ทั้งนี้ยังช่วยในการควบคุมการจ่ายพลังงานให้มีความต่อเนื่องและคงที่

2.3 ระบบจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า

ระบบจัดเก็บพลังงาน เช่น แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน หรือ แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด มีบทบาทสำคัญในการรักษาเสถียรภาพของระบบ PV โดยเฉพาะในช่วงที่มีการผลิตพลังงานเกินหรือน้อยกว่าความต้องการ การบูรณาการระหว่างแหล่งผลิตพลังงานกับระบบจัดเก็บ จะช่วยลดความผันผวนของการผลิต และสามารถจ่ายพลังงานได้ต่อเนื่องมากขึ้น ระบบควบคุมการชาร์จและการคายประจุเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ระบบทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 การวิเคราะห์ระบบด้วยการจำลอง

การจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น MATLAB Simulink เป็นเครื่องมือทางวิศวกรรมที่ช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบพลังงานภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ โดยสามารถประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ความเสถียร การตอบสนองต่อโหลด รวมถึงผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพโดยรวม ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการออกแบบและวางแผนระบบพลังงานหมุนเวียนก่อนนำไปใช้งานจริง

2.5 การบูรณาการระบบพลังงาน

การบูรณาการระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าและระบบจัดเก็บพลังงานเข้าด้วยกันในรูปแบบไฮบริด (Hybrid System) มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความมั่นคงของระบบไฟฟ้า ลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานหลัก และเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายไฟ การออกแบบระบบไฮบริดจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยหลายด้าน เช่น ความสามารถในการควบคุมพลังงาน การจัดการโหลด การบริหารพลังงานส่วนเกิน และความสามารถในการเชื่อมต่อกับโครงข่าย

3. เปรียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อโครงข่าย ขนาด 100 กิโลวัตต์ โดยผสมผสานการทำงานร่วมกับระบบจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า และใช้อินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับ (Multilevel Inverter) เพื่อเพิ่มเสถียรภาพในการจ่ายพลังงานและลดการสูญเสียภายในระบบ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

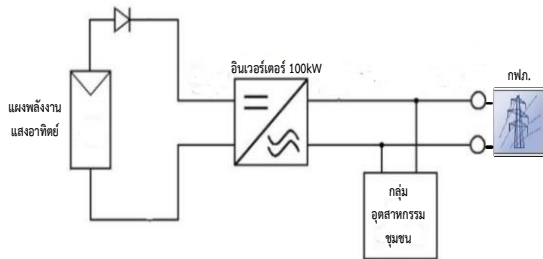
3.1 การออกแบบระบบจำลอง

เริ่มต้นจากการพัฒนาแบบจำลองพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์ในโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยใช้โมเดลทางไฟฟ้าแบบไดโอดเดี่ยว (Single Diode Model) ซึ่งประกอบด้วยแหล่งกระแสไฟฟ้า ไดโอด ตัวต้านทานอนุกรม และตัวต้านทานขนาน เพื่อสะท้อนลักษณะการทำงานจริงของเซลล์ PV ภายใต้เงื่อนไขของความเข้มแสงและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง [5]

3.2 การจำลองระบบ PV เชื่อมต่อโครงข่าย

ออกแบบระบบ PV ขนาด 100 กิโลวัตต์ เชื่อมต่อกับกริดไฟฟ้า โดยคำนึงถึงการจัดเรียงแผงโซลาร์เซลล์ทั้งแบบอนุกรมและขนาน เพื่อให้

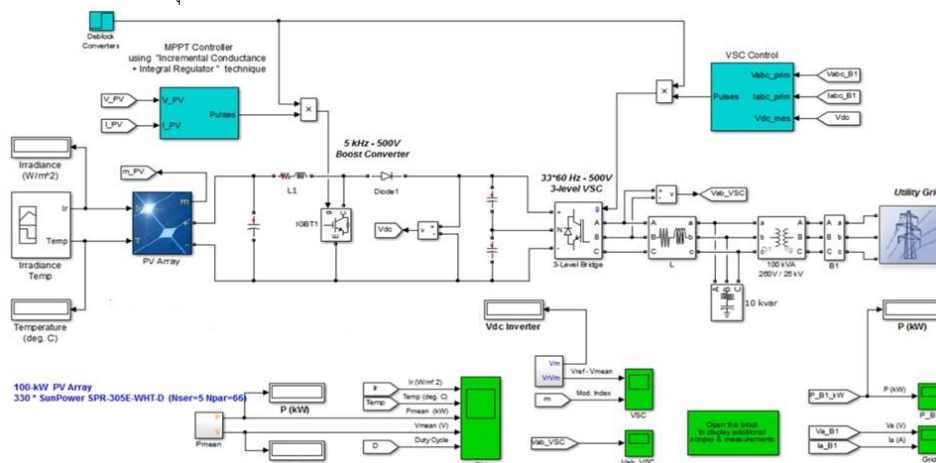
ได้แรงดันและกระแสตามข้อกำหนดของระบบ จากนั้นเพิ่มอินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับเพื่อแปลงพลังงานจาก DC เป็น AC พร้อมควบคุมคุณภาพของพลังงานที่จ่ายเข้าสู่กริด



รูปที่ 2 ไดอะแกรมระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมโยงกับระบบกริด

3.3 การบูรณาการระบบจัดเก็บพลังงาน

ระบบจัดเก็บพลังงาน (เช่น แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน) ถูกออกแบบให้สามารถชาร์จและคายประจุได้ตามเงื่อนไขการผลิตพลังงาน



รูปที่ 3 แบบจำลองระบบเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์เชื่อมโยงกับระบบกริด

รูปที่ 3 แสดงแบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 100 กิโลวัตต์ ที่เชื่อมต่อกับระบบกริดไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink ในการจำลอง ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Array) ที่ต่อแบบอนุกรมและขนาน เพื่อให้ได้แรงดันและกระแสตามความต้องการของระบบ ข้อมูลการฉายแสงและอุณหภูมิถูกป้อนเข้าสู่ระบบเพื่อจำลองสภาพแวดล้อมจริง พร้อมด้วยตัวควบคุม MPPT (Maximum Power Point Tracking) ซึ่งใช้วิธี Incremental Conductance เพื่อค้นหาจุดผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุด และควบคุมวงจร Boost Converter สำหรับเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายก่อนส่งต่อไปยังอินเวอร์เตอร์

ในส่วนของอินเวอร์เตอร์ ใช้อุปกรณ์แปลงพลังงานแบบหลายระดับ (Multilevel Inverter) เพื่อเพิ่มคุณภาพของพลังงาน ลดฮาร์มอนิกส์ และเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ก่อนส่งผ่านหม้อแปลงเพื่อลดแรงดันจาก 260V เป็น 25kV และเชื่อมต่อเข้าสู่โครงข่ายไฟฟ้า ระบบมีการติดตั้งหน่วยวัดแรงดัน กระแส และพลังงาน เพื่อประเมินผลการทำงานและเสถียรภาพของระบบ โดยการจำลองนี้ช่วยให้สามารถศึกษาพฤติกรรมของระบบ PV ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

และโหลดของระบบ โดยใช้ชุดควบคุมแบบอัตโนมัติในการบริหารพลังงานระหว่าง PV แหล่งจัดเก็บ และกริดไฟฟ้า เพื่อรักษาเสถียรภาพและความต่อเนื่องของการจ่ายไฟ

3.4 การกำหนดพารามิเตอร์และสถานการณ์จำลอง

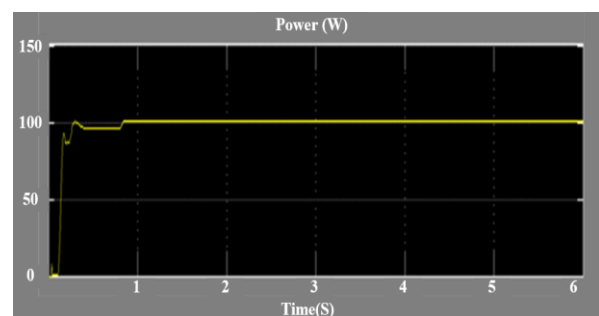
ดำเนินการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ แรงดันโหลด และค่าประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ เพื่อจำลองการทำงานของระบบภายใต้สภาพแวดล้อมที่หลากหลาย รวมถึงการทดสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ

3.5 การวิเคราะห์ผล

ประเมินผลการทำงานของระบบจากตัวแปรสำคัญ ได้แก่ แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า การสูญเสียพลังงาน และค่าประสิทธิภาพโดยรวม พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบก่อนและหลังการบูรณาการระบบจัดเก็บพลังงานและอินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับ

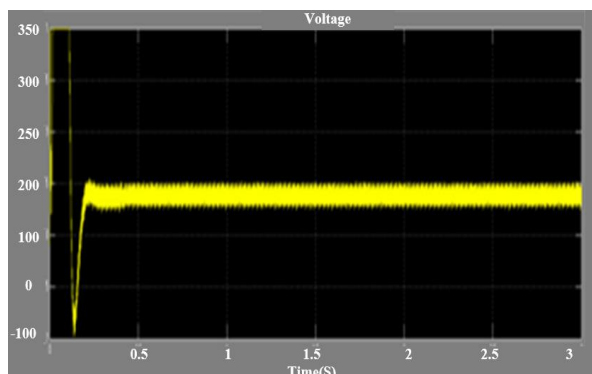
4. ผลการจำลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจำลองระบบในสภาพแวดล้อมของโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยเน้นการวิเคราะห์พฤติกรรมของแผงโซลาร์เซลล์ ระบบจัดเก็บพลังงาน และอินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับภายใต้เงื่อนไขการทำงานที่เปลี่ยนแปลง

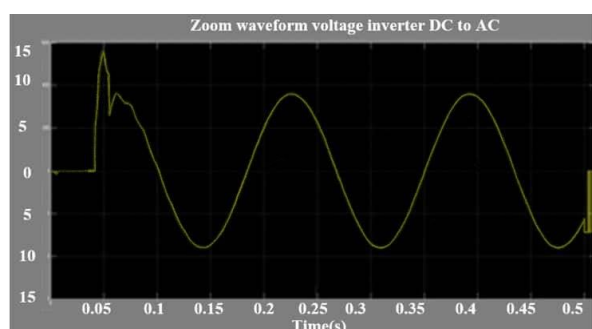


รูปที่ 4 สัญญาณรูปคลื่นของบัสคอนเวอร์เตอร์

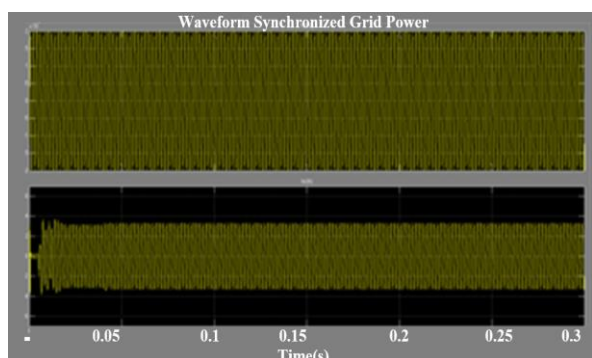
รูปที่ 4 แสดงลักษณะการทำงานของ Boost Converter ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มแรงดันไฟฟ้าจากระดับหนึ่งไปอีกระดับที่สูงกว่า โดยสังเกตได้จากรูปคลื่นแรงดันขาออก (output voltage) ที่มีค่าสูงกว่าแรงดันขาเข้า (input voltage) อย่างชัดเจน รูปคลื่นกระแสใน inductor แสดงให้เห็นการสะสมและปล่อยพลังงานตามจังหวะการสวิตช์



รูปที่ 5 สัญญาณรูปคลื่นของมอดูเลชันและอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 6 สัญญาณรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 7 สัญญาณรูปคลื่นของการซิงโครไนส์กับระบบกริด

จากรูปคลื่นในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 7 พบว่ากระบวนการ modulation และการทำงานของ inverter ในรูปที่ 6 มีประสิทธิภาพในการแปลงสัญญาณ DC เป็น AC โดยสังเกตได้จากความเสถียรของรูปคลื่น แม้จะมี harmonic บางส่วนที่ต้องปรับปรุง ส่วน voltage source converter ในรูปที่ 6 สามารถควบคุมแรงดันและกระแสได้ดี แต่หากมี ripple หรือ fluctuation อาจบ่งชี้ถึงปัญหาการออกแบบหรือการรบกวนจากแหล่งจ่ายไฟ ขณะที่สัญญาณ synchronized grid power ในรูปที่ 7 แสดงการเชื่อมต่อกับกริดหลักเนื่องจากมีความสอดคล้องของความถี่และเฟส ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญใน

การรักษาความเสถียรของระบบไฟฟ้าโดยรวม อย่างไรก็ตาม หากพบความคลาดเคลื่อนในเฟสหรือความถี่ อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าและจำเป็นต้องปรับปรุงระบบควบคุมให้ดียิ่งขึ้น

5. สรุป

การศึกษานี้ได้นำเสนอการออกแบบและจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อโครงข่ายขนาด 100 กิโลวัตต์ โดยใช้โปรแกรมแมทแล็บซิมูลิค เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์พฤติกรรมการทำงานของระบบ ทั้งในแง่การจ่ายพลังงานและคุณภาพไฟฟ้า ผลการจำลองยืนยันว่าการเชื่อมโยงกับโครงข่ายไฟฟ้าสามารถช่วยเพิ่มความมั่นคงและความต่อเนื่องของการจ่ายพลังงานให้แก่โหลดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถส่งพลังงานส่วนเกินกลับเข้าสู่ระบบไฟฟ้า ซึ่งมีส่วนสำคัญในการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานสะอาดในระดับชุมชนและอุตสาหกรรมนอกจากนี้ การใช้อินเวอร์เตอร์แบบหลายระดับยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการลดค่าฮาร์โมนิกสรวม (THD) ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับวิธีการแปลงพลังงานรูปแบบเดิม ส่งผลให้คุณภาพไฟฟ้าโดยรวมของระบบดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด การใช้วิธีการจำลองจึงไม่เพียงแต่ช่วยสะท้อนลักษณะการทำงานจริงของระบบ แต่ยังเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประเมินความเป็นไปได้และการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในระยะเริ่มต้น ก่อนการลงทุนติดตั้งจริง ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงและค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดจากข้อผิดพลาดในการออกแบบโดยสรุป การวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของระบบกริดแบบเชื่อมต่อโครงข่ายร่วมกับเทคนิคการแปลงผันพลังงานที่มีคุณภาพสูงในการสร้างเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า และยืนยันว่าการใช้เครื่องมือจำลองเป็นแนวทางสำคัญที่จะสนับสนุนการพัฒนากระบวนการพลังงานหมุนเวียนให้มีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุน สกสว. Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2568 และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Y. Z. Alharthi, N. Najjar, A. Mechraoui, M. Moalla, and S. Mohammed, "Design and simulation of PV grid-connected system considering sensitivity analysis," in 2021 IEEE 48th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 20-25 June 2021 2021, pp. 2363-2367, doi: 10.1109/PVSC43889.2021.9518476.
- [2] A. Ekic, M. Maharjan, B. Strombeck, and D. Wu, "Impact of Momentary Cessation on Sub-cycle Dynamics in Grid-Connected Solar PV Systems," in 2021 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), 16-18 Feb. 2021 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISGT49243.2021.9372156.
- [3] Q. Huo et al., "Research on modeling technology of PV/storage integrated operation analysis model," in 2022 2nd International Conference on Algorithms, High

Performance Computing and Artificial Intelligence (AHPICAL), 21-23 Oct. 2022 2022, pp. 817-821, doi:

10.1109/AHPICAL57455.2022.10087442.

[4] S. Roy, P. K. Sahu, S. Jena, and R. Senapati, "Current Control Structures for Grid-Connected Photovoltaic System," in 2022 IEEE 2nd International Symposium on Sustainable Energy, Signal Processing and Cyber Security (iSSSC), 15-17 Dec. 2022 2022, pp. 1-6, doi:

10.1109/iSSSC56467.2022.10051629.

[5] F. E. Alfaris, "System Strength Evaluation of a Multi-terminal Power Grid Integrated a Distributed PV Generation," in 2023 6th International Conference on Electrical Engineering and Green Energy (CEEAGE), 6-9 June 2023 2023, pp. 186-191, doi: 10.1109/CEEAGE58447.2023.10246484.

[6] J. Kang, W. Dong, J. Xu, H. Diao, Z. Lv, and S. Xie, "Improved Control of Grid-Connected Photovoltaic and Energy Storage System Based on Virtual Resistance," in 2023 IEEE 2nd International Power Electronics and Application Symposium (PEAS), 10-13 Nov. 2023 2023, pp. 506-511, doi: 10.1109/PEAS58692.2023.10394942.

[7] Y. Kong, Y. Yu, and X. Cui, "Requirement of densely distributed PV grid-connected data analysis technology in the future new power system," in 2023 38th Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC), 27-29 Aug. 2023 2023, pp. 1298-1302, doi: 10.1109/YAC59482.2023.10401470.

[8] X. Zhang and J. Jin, "MMC-Based PV Grid-Connected System with SMES-Battery Hybrid Energy Storage," in 2023 IEEE International Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices (ASEMD), 27-29 Oct. 2023 2023, pp. 1-2, doi: 10.1109/ASEMD59061.2023.10368771.

[9] A. Ganne, L. K. Sahu, and Hemachander, "Impact Analysis of EV Charging System on Grid with and without Solar PV Integrated System," in 2024 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), 18-21 Dec. 2024 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/PEDES61459.2024.10961095.

[10] A. Javeed, W. Ali, M. U. Aslam, U. Ali, H. Farooq, and M. U. Ramzan, "Technical Feasibility Study of 150 kW Grid-Connected PV System for an Academic Institution in Pakistan," in 2024 IEEE 1st Karachi Section Humanitarian Technology Conference (KHI-HTC), 8-9 Jan. 2024 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/KHI-HTC60760.2024.10482220.

[11] B. K. Nallamothu, R. Janga, and S. R. Pendem, "Design and Analysis of Grid Connected Solar PV System Using PVsyst Software," in 2024 IEEE Students Conference on Engineering and Systems (SCES), 21-23 June 2024 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/SCES61914.2024.10652298.

[12] J. Pang, Z. Yang, X. Wang, R. Xia, and S. Han, "Seamless Transition Strategy Based on Grid-Forming Energy Storage for Grid-Connected and Islanded Modes in Transformer Area Microgrids," in 2024 4th Power System and Green Energy Conference (PSGEC), 22-24 Aug. 2024 2024, pp. 1259-1264, doi: 10.1109/PSGEC62376.2024.10720985.

[13] D. Venkayya, B. C. Babu, and N. Gupta, "Stability Analysis of the PLL for the Control of Solar-PV System Interfaced with Low Voltage Weak Grid," in 2024 IEEE 11th Power India International Conference (PIICON), 10-12 Dec. 2024 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/PIICON63519.2024.10995022.

[14] J. Jiang, R. Song, C. Zheng, S. Lv, J. Deng, and Y. Chen, "Modeling and Small-Signal Stability Analysis of Grid-Following Photovoltaic System," in 2025 8th International Conference on Energy, Electrical and Power Engineering (CEEPE), 25-27 April 2025 2025, pp. 400-404, doi: 10.1109/CEEPE64987.2025.11033816.

[15] S. N. Vodapally and M. H. Ali, "LSTM-Xgboost Model for Cyberattack Detection in Grid-Connected Solar PV Inverter System," in 2025 IEEE PES Grid Edge Technologies Conference & Exposition (Grid Edge), 21-23 Jan. 2025 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/GridEdge61154.2025.10887470.



นายสุรชา พันธ์ชัย สำเร็จการศึกษาระดับ
ระดับปริญญาตรี ค.บ. (อุตสาหกรรม)
ปัจจุบันศึกษาระดับปริญญาโท สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนครพนม
นครพนม



งานวิจัยที่สนใจ การพัฒนาระบบตรวจจับ
และป้องกันระบบไฟฟ้า ระบบ ไมโครกริด
ผศ.ดร.ณัฐชนันท์ ปลายเนตร สำเร็จ
การศึกษา ระดับปริญญาเอก ปร.ด. (ฟิสิกส์)
ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยนครพนม
งานวิจัยที่สนใจ การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์
วิศวกรรมและการศึกษา พลังงานหมุนเวียน
และการประยุกต์ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก



รศ.ดร.ศุภชัย ปลายเนตร สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาเอก วศ.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า)
ปัจจุบันเป็นอาจารย์ระดับหลักสูตร
บัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยนครพนม
งานวิจัยที่สนใจ การวิเคราะห์ระบบ
เครื่องจักรกลไฟฟ้า การวิเคราะห์คุณภาพ
ระบบไฟฟ้ากำลัง การวิเคราะห์และ
ประเมินผลสัญญาณ