บทที่ 1

บทนำ

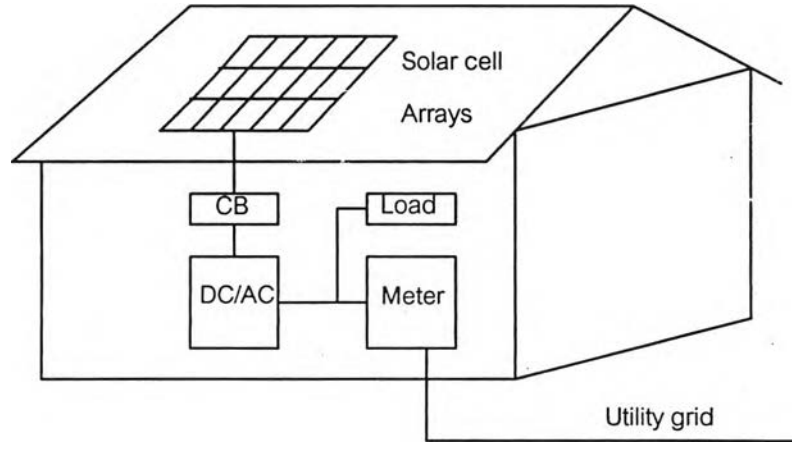
1.1 ความเบื้องต้น

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงที่สร้างปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ได้ถูกพัฒนาให้มีการใช้งานในหลายๆ รูปแบบ และการใช้เซลล์แสงอาทิตย์แปลงรูปพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง (Photovoltaic) ก็เป็นรูปแบบหนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เซลล์แสงอาทิตย์ถูกใช้งานในหลายลักษณะ เครื่องใช้บางชนิดสามารถต่อตรงเพื่อรับกระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์ หรือผ่านตัวแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง (DC/DC Converter) เพื่อปรับระดับแรงดัน บางชนิดจำเป็นต้องมีอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงไฟกระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกระแสสลับ แต่หากแบ่งประเภทตามการใช้งานอาจแยกได้เป็น

1.) ระบบพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบโดดเดี่ยว (Stand alone system)

2.) ระบบพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับการไฟฟ้า (Grid-connected system)

ระบบพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้ในบ้าน (Residental PV system) นั้นส่วนใหญ่จะเป็นระบบที่มีการเชื่อมต่อกับระบบการไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 1.1 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกอินเวอร์เตอร์แปลงผันเป็นไฟสลับจ่ายไปให้แก่เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและกำลังไฟฟ้าส่วนที่เหลือใช้จะถูกจ่ายคืนแก่การไฟฟ้า แต่หากปริมาณแสงต่ำลงจนกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายได้เพียงพอต่อความต้องการของโหลด พลังงานส่วนที่ขาดก็จะรับมาจากการไฟฟ้า ดังนั้นระบบนี้จึงมีเสถียรภาพที่ดีกว่าการต่อใช้งานแบบโดดเดี่ยว



รูปที่ 1.1 ระบบพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้ในบ้าน

1.2 การตรวจหาจุดกำลังสูงสุด

โดยทั่วไปเราจะควบคุมให้เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายพลังงาน ณ จุดที่ให้กำลังออกสูงสุดอันจะทำให้การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีราคาแพงมีประสิทธิภาพสูงสุด การตรวจหาจุดกำลังสูงสุด (Maximum power point tracking) มีได้หลายวิธี ได้แก่

ก) การบันทึกลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ลงหน่วยความจำ (I. Takahashi et al., 1995)

ระบบนี้จะต้องทำการบันทึกข้อมูลของแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์หรือกระแส ณ จุดที่ให้กำลังออกสูงสุดในสภาวะแสงต่างๆ ลงในหน่วยความจำก่อนการใช้งาน ขณะตรวจหาจุดกำลังสูงสุด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะวัดขนาดแสงที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้วปรับให้จุดทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ตรงตามตารางข้อมูลของแสงที่วัดได้ ถึงแม้ว่าระบบนี้จะทำงานได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็ไม่สามารถปรับตัวเข้าสู่จุดกำลังสูงสุดในสภาวะของอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

ข) วิธีการไต่เขา(Hill climbing) (W. J. A. Teulings et al., 1993) หรือ การส่งสัญญาณรบกวนและสังเกต(Perturb and observe MPT algorithm) (K. H. Haussein and G. Zhao , 1995)

ระบบนี้จะนิยมใช้กันทั่วไปเนื่องจากมีวิธีการควบคุมที่ไม่ซับซ้อน และใช้พารามิเตอร์ในการตรวจจับน้อยคือแรงดันและกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ การตรวจหาจุดกำลังสูงสุดจะทำโดยการควบคุมให้ลดค่าหรือเพิ่มค่าแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์เป็นจังหวะๆ อยู่ตลอดเวลา แล้วตรวจจับกำลังด้านออกของเซลล์แสงอาทิตย์ หากกำลังด้านออกของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้น ในจังหวะเวลาต่อไปก็จะให้ส่งสัญญาณรบกวนต่อไปในทิศทางเดิม มิฉะนั้นให้กลับทิศทางการส่งสัญญาณตรงข้ามกับทิศทางเดิม ระบบนี้จะมีลักษณะการลองผิดลองถูกและมีการปรับแรงดันคร่อมเซลล์แสง-อาทิตย์แบบเป็นขั้นๆ ไม่ต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา ระบบจะไม่เข้าสู่จุดกำลังสูงสุดที่แท้จริงแต่จะแกว่งรอบๆ จุดกำลังสูงสุด ทำให้ระบบสูญเสียกำลังส่วนนี้ไป

ค) การหาจุดกำลังสูงสุดจากการพิจารณาค่าอนุพันธ์ของกำลังงานเทียบกับแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ (dP_{PV}/dV_{PV})

K. H. Hussein ได้เสนออัลกอริทึมในการตรวจหาจุดกำลังสูง โดยการตรวจสอบตำแหน่งของจุดทำงานจากการพิจารณาค่า dP_{PV}/dV_{PV} โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

ถ้า $dP_{PV}/dV_{PV} = 0$ แสดงว่าอยู่ ณ จุดกำลังสูงสุด

ถ้า $dP_{PV}/dV_{PV} > 0$ แสดงว่าอยู่ ณ จุดทำงานที่อยู่ด้านซ้ายของจุดกำลังสูงสุด

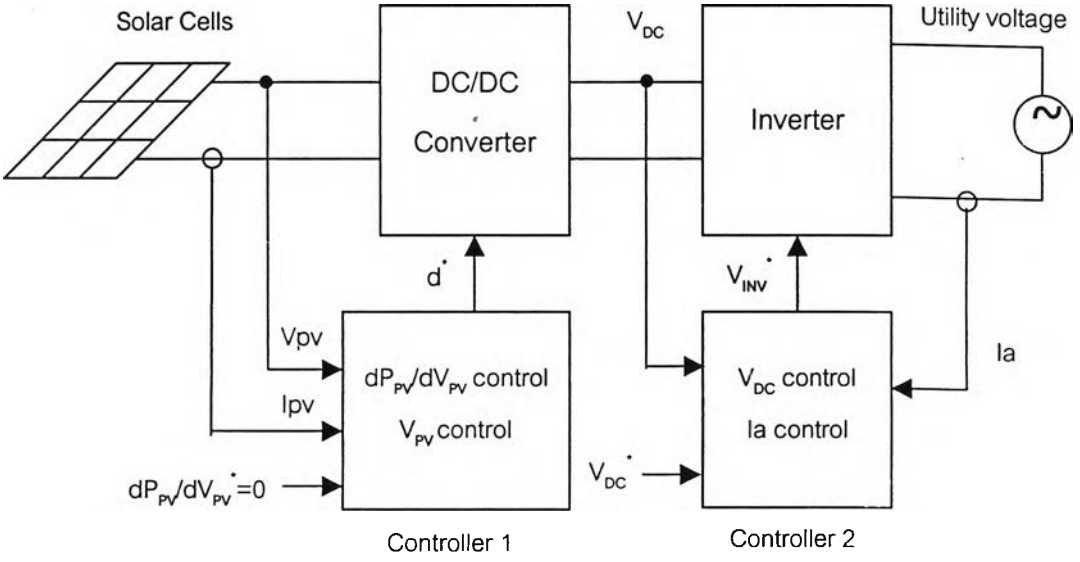
ถ้า $dP_{PV}/dV_{PV} < 0$ แสดงว่าอยู่ ณ จุดทำงานที่อยู่ด้านขวาของจุดกำลังสูงสุด

เมื่อทราบตำแหน่งของจุดทำงานแล้วระบบก็จะปรับเปลี่ยนจุดทำงานให้เข้าสู่จุดกำลังสูงสุด โดยหากตรวจจับค่า dP_{PV}/dV_{PV} ได้มากกว่าศูนย์ ระบบก็จะปรับตัวให้เคลื่อนที่ไปด้านขวาเข้าหาจุดกำลังสูงสุดโดยการเพิ่มแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์ แต่หากตรวจจับค่า dP_{PV}/dV_{PV} ได้น้อยกว่าศูนย์ ระบบก็จะปรับตัวลดแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์ลง จนกระทั่งตรวจจับค่า dP_{PV}/dV_{PV} ได้เท่ากับศูนย์ก็ให้คงค่า

แรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าเมื่อระบบเข้าสู่จุดกำลังสูงสุดแล้วจะไม่มีการแกว่งของแรงดันเหมือนกับวิธีการไต่เขา แต่การปรับแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์ยังเป็นขั้นที่คงที่ ดังนั้น ถ้าหากขนาดขั้นของการปรับมีขนาดเล็กระบบก็จะปรับตัวเข้าหาจุดกำลังสูงสุดได้ช้า แต่ถ้ามีค่ามาก ระบบก็อาจจะไม่เข้าสู่จุดกำลังสูงสุดที่แท้จริง

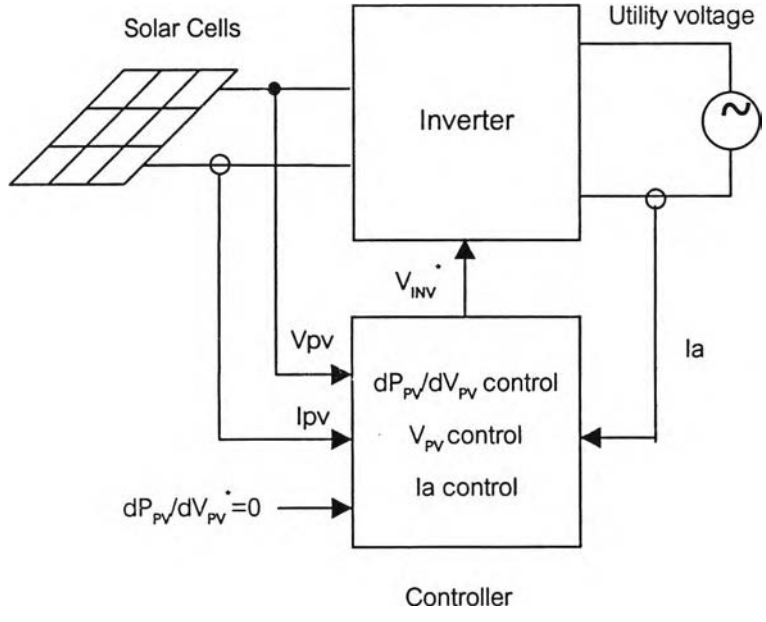
ได้มีการพัฒนาวิธีการตรวจหาจุดกำลังสูงสุดด้วยวงรอบควบคุมค่า dP_{PV}/dV_{PV} ให้เท่ากับศูนย์ (H. Sugimoto and H. Dong, 1997) ด้วยเหตุผลว่าจุดกำลังออกสูงสุดจะมีค่า dP_{PV}/dV_{PV} เท่ากับศูนย์เสมอแม้ว่าสภาวะแวดล้อมจะเปลี่ยนไป ตัวควบคุมวงรอบ dP_{PV}/dV_{PV} จะปรับเปลี่ยนแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่องให้ได้จุดทำงานที่มีค่า dP_{PV}/dV_{PV} เท่ากับศูนย์ การปรับแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่องจะทำให้สามารถเข้าสู่จุดกำลังสูงสุดได้อย่างแท้จริง และหากตรวจพบว่าจุดทำงานอยู่ห่างจากจุดกำลังสูงสุดมาก (ขนาด dP_{PV}/dV_{PV} มีค่าสูง) ระบบก็จะปรับเปลี่ยนแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์อย่างรวดเร็ว แต่เมื่อเข้าใกล้จุดกำลังสูงสุด (ขนาด dP_{PV}/dV_{PV} มีค่าลดลง) ขนาดการปรับเปลี่ยนแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะลดลงจนกระทั่งเข้าสู่จุดกำลังสูงสุดเมื่อ dP_{PV}/dV_{PV} เท่ากับศูนย์

ในการวิจัยนี้เลือกวิธีการตรวจหาจุดกำลังสูงสุด โดยการควบคุมค่า dP_{PV}/dV_{PV} ให้เท่ากับศูนย์ แต่จะแตกต่างจากวงจรที่นำเสนอโดย H. Sugimoto ที่ประกอบด้วย วงจรแปลงผันพลังงาน 2 ส่วนต่ออนุกรมกันดังแสดงในรูปที่ 1.2 โดยมีวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรงทำหน้าที่ควบคุมแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ตำแหน่งที่ให้ค่า dP_{PV}/dV_{PV} เท่ากับศูนย์ ส่วนอินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่จ่ายกระแสไปยังการไฟฟ้าเพื่อคงค่าแรงดันที่ออกจากวงจรทบระดับ



รูปที่ 1.2 แผนภาพบล็อกระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีวงจรแปลงผันพลังงาน 2 ภาค

ความซับซ้อนของวงจรที่เพิ่มขึ้นจะลดความเชื่อถือได้ (reliability) ของระบบ และทำให้มีกำลังสูญเสียเพิ่มขึ้น การวิจัยนี้ต้องการลดจำนวนองค์ประกอบของอุปกรณ์ จึงเลือกระบบแบบไม่มีหม้อแปลงแยกโดดทางไฟฟ้าเพื่อลดขนาด น้ำหนัก และราคาของระบบ ระบบนี้จะประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ต่อตรงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่มีวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง ดังแสดงในรูปที่ 1.3 เนื่องจากไม่มีวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง อินเวอร์เตอร์จึงต้องทำหน้าที่ควบคุมแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง โดยการปรับเปลี่ยนขนาดกระแสด้านออกของอินเวอร์เตอร์เพื่อให้เกิดสมดุลของกำลังงานด้านออกกับกำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ ณ จุดทำงานที่ต้องการคงค่าแรงดันไว้ จากนั้นส่วนควบคุมจะสั่งให้อินเวอร์เตอร์ปรับเปลี่ยนจุดทำงาน (แรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์) ไปยังตำแหน่งที่ให้ค่า dP_{PV}/dV_{PV} เท่ากับศูนย์ ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์จึงทำงานอยู่ในตำแหน่งที่ให้กำลังออกสูงสุดอยู่เสมอ



รูปที่ 1.3 แผนภาพบล็อกของระบบอินเวอร์เตอร์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์

1.3 การควบคุมกระแสของอินเวอร์เตอร์

สำหรับระบบที่มีการเชื่อมต่อกับการไฟฟ้า กำลังงานที่อินเวอร์เตอร์จ่ายให้กับโหลดและการไฟฟ้านั้นจะต้องมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานใน IEEE std. 928 หลายประการได้แก่

ก) ในด้านความถี่ ระบบพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องทำงานเข้าจังหวะกับการไฟฟ้า

ข) ในด้านความเพี้ยนของรูปคลื่น ค่าความเพี้ยนทั้งหมด(THD) ของกระแสควรจะน้อยกว่า 5% ของกระแสหลักมูลที่ค่าพิกัด

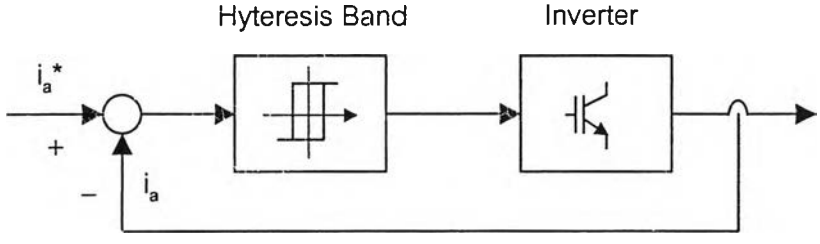
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค) ในด้านตัวประกอบกำลัง ระบบพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ควรจะให้ค่าตัวประกอบกำลังมากกว่า 0.85 เมื่อจ่ายโหลดมากกว่า 10% ของค่าพิกัด

วงรอบล็อกเฟสจะทำการเข้าจังหวะกับแรงดันการไฟฟ้า และจะกำเนิดความถี่และมุมเฟสอ้างอิง เพื่อสร้างสัญญาณรูปไซน์เป็นกระแสอ้างอิงในการควบคุมกระแสแบบป้อนกลับ วิธีการควบคุมกระแสด้านออกของอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งแรงดันที่นิยมใช้กันสามารถแบ่งได้ดังนี้

1.) การควบคุมกระแสแบบมีฮิสเทอรีซิส

สัญญาณการควบคุมสวิตช์จะเกิดจากการป้อนกลับกระแสมาเปรียบเทียบกับกระแสอ้างอิงแบบมีฮิสเทอรีซิสดังแสดงในรูปที่ 1.4 การควบคุมแบบนี้ถึงแม้จะให้ข้อดีหลายประการ เช่น มีผลตอบสนองรวดเร็ว และมีความสามารถที่จะจำกัดกระแสในตัว แต่ความถี่การสวิตช์จะไม่คงตัว และไม่เหมาะสมกับระบบที่ควบคุมสวิตช์โดยตรงจากไมโครคอนโทรลเลอร์

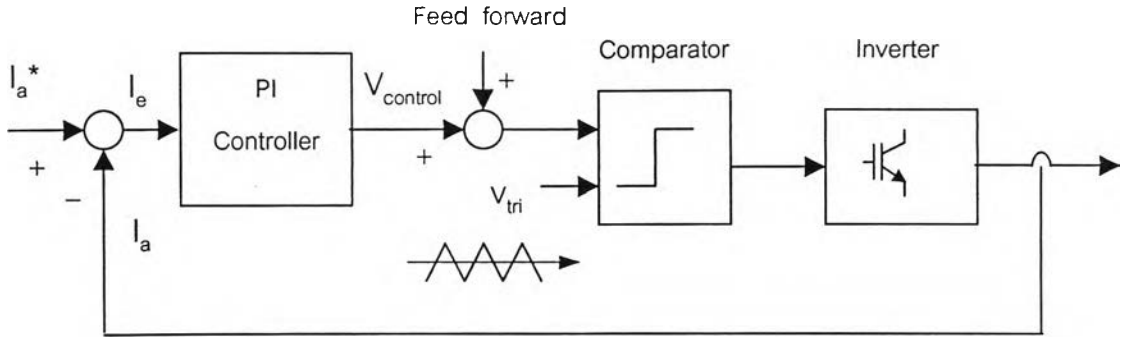


รูปที่ 1.4 แผนภาพบล็อกการควบคุมกระแสแบบมีฮิสเทอรีซิส

2.) การควบคุมกระแสแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ที่มีความถี่การสวิตช์คงที่

รูปที่ 1.5 แสดงแผนภาพบล็อกการควบคุมแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ การควบคุมแบบนี้ถึงแม้จะให้ผลตอบสนองที่ช้ากว่าแบบฮิสเทอรีซิส แต่ก็สามารถลดผลของสัญญาณรบกวนได้ด้วยการชดเชยแบบป้อนไปหน้า (Mohan, Undeland and Robin,1989) ความถี่การสวิตช์จะคงตัวทำให้สามารถออกแบบวงจรกรองความถี่การสวิตช์ได้ง่ายขึ้น

การวิจัยนี้เลือกวิธีการควบคุมกระแสแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์ที่มีความถี่การสวิตช์คงตัว เนื่องจากสามารถสร้างระบบควบคุมอินเวอร์เตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รวมความสามารถในการตรวจหาจุดกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถลดขนาดและความซับซ้อนของ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ลงได้



รูปที่ 1.5 แผนภาพบล็อกการควบคุมกระแสแบบมอดูเลตความกว้างพัลส์

1.4 <u>การป้องกันปรากฏการณ์ไอส์แลนดิง</u>

ระบบที่มีการเชื่อมต่อกับการไฟฟ้าจะต้องมีความปลอดภัยและฟังก์ชันการป้องกันต่อทั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าและบุคคลจากการยังคงจ่ายพลังงานของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ หลังการหยุดจ่ายพลังงานของการไฟฟ้าหรือที่เรียกว่าปรากฏการณ์ไอส์แลนดิง (Islanding) ถ้าหากกำลังออกของระบบสมดุลกับกำลังที่โหลดต้องการ และที่จุดสมดุลนั้นให้ค่าแรงดันและความถี่อยู่ในขอบเขตการยอมรับได้ ระบบอินเวอร์เตอร์ก็จะไม่สามารถตรวจพบปรากฏการณ์ไอส์แลนดิงได้ และปรากฏการณ์ไอส์แลนดิงก็จะยังคงดำเนินต่อไป

วิธีการตรวจจับปรากฏการณ์ไอส์แลนดิงที่ด้านระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์อาจแบ่งได้เป็น (H. Kobayashi et al., 1991 ; Kiyoshi and Hiromu ,1994)

1) การตรวจจับแบบเฉื่อยงาน (Passive measure)

เป็นวิธีการตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าที่ผิดปกติของระบบ เช่น ขนาดแรงดัน เฟส ความถี่ และฮาร์มอนิก โดยไม่มีการกระทำหรือเพิ่มวงจรจากการทำงานปกติ วิธีการนี้จะไม่สามารถตรวจจับปรากฏการณ์ไอส์แลนดิงได้ถ้ากำลังที่จ่ายออกจ่ายระบบพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์สมดุลกับกำลังที่โหลดต้องการ

2) การตรวจจับแบบไวงาน(Active measure)

ก) การเลื่อนความถี่

เป็นการเพิ่มวงจรให้กับระบบเพื่อทำการเลื่อนความถี่และตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่เกิดขึ้น ได้มีการเสนอการต่อวงจรกรองเพิ่มแก่ส่วนตรวจจับแรงดัน ที่มีลักษณะเพิ่มเฟสเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น วงจรกรองผ่านแถบแบบยอดคู่ (Twin-Peak Band-Pass Filter) ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงเฟสต่อความถี่ของวงจรกรองมากกว่าโหลดก็จะส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนเฟสเพิ่มขึ้น

ตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น และความถี่ของระบบจะเพิ่มขึ้นอีกจากเฟสที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นการป้อนกลับแบบบวกและจะทำให้ระบบขาดเสถียรภาพ (G. J. Vachtsevanos and H. Kang,1989 อัตราการเลื่อนความถี่จะขึ้นกับการปรับเปลี่ยนความชัน (gradient) ของเฟสเทียบกับความถี่ของวงจรกรอง (T. Ishida et al., 1994)) ดังนั้นเราสามารถปรับเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการตรวจจับปรากฏการณ์ไอส์แลนดิงได้โดยการเลือกตัวกรองที่เหมาะสม

ข) ทำการเปลี่ยนแปลงกำลังด้านออกอย่างสม่ำเสมอ

เพื่อให้เกิดการไม่สมดุลของกำลังงานจากระบบพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์กับกำลังงานของโหลด อาจจะทำโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดของกำลังจริง (Effective power) หรือกำลังจินตภาพ (Reactive power) อย่างสม่ำเสมอ และทำการตรวจจับความผิดปกติของแรงดันและความถี่ของระบบ ข้อเสียของวิธีการนี้คือ การปรับเปลี่ยนกำลังจินตภาพจะทำค่าตัวประกอบกำลังของระบบลดลง (Y. Masahide et.al.,1994) แต่วิธีการนี้จะทำให้สามารถตรวจจับปรากฏการณ์ไอส์แลนดิงได้เร็วขึ้น

ได้มีการสร้างวงจรเลื่อนเฟสบนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสัมพันธ์กับความถี่ที่ตรวจจับจากแรงดันการไฟฟ้า ในลักษณะคล้ายคลึงกับเฟสที่ได้จากวงจรกรองผ่านแถบแบบยอดคู่ (จิตรา, 2539) เมื่อพิจารณาสาเหตุที่ทำให้ความถี่ของระบบขาดเสถียรภาพ จะพบว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเฟสเพิ่มขึ้นตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น การวิจัยนี้จึงเลือกการป้อนกลับเฟสแบบบวกโดยตรงจากผลต่างของความถี่ที่ได้จากวงรอบล็อกเฟสกับความถี่พิกัด แทนวิธีเพิ่มเฟสจากวงจรกรองผ่านแถบแบบยอดคู่หรือวงจรเลื่อนเฟสบนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สัมพันธ์กับความถี่ที่ตรวจจับจากแรงดันการไฟฟ้า ระบบนี้จะมีโครงสร้างที่ง่ายกว่า และสะดวกแก่การปรับเปลี่ยนความชันของเฟสเทียบกับความถี่ของระบบเพื่อที่จะตรวจจับปรากฏการณ์ไอส์แลนดิงได้ภายในเวลาที่ต้องการ

1.5 วัตถุประสงค์

พัฒนาอินเวอร์เตอร์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับการไฟฟ้าที่สามารถจ่ายกระแสด้านออกเป็นรูปคลื่นไซน์ที่มีความเพี้ยนต่ำ และสามารถจ่ายกำลังออก ณ จุดกำลังออกสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์และมีการป้องกันปรากฏการณ์ไอส์แลนดิงได้ด้วย รวมทั้งทำการพัฒนาตัวจำลองเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อทดสอบระบบ

1.6 ขอบเขตของโครงการวิทยานิพนธ์

1. สร้างอินเวอร์เตอร์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์
   ก) โครงสร้างเป็นอินเวอร์เตอร์แบบเต็มคลื่น
   ข) ไม่มีหม้อแปลงด้านออก
   ค) สามารถจ่ายกระแสเป็นรูปคลื่นไซน์ มีความเพี้ยนต่ำ
   ง) ทำการเข้าจังหวะกับแรงดันของการไฟฟ้า และมีค่าตัวประกอบกำลังใกล้เคียงหนึ่ง
2. มีการปรับตัวหาจุดกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์
3. มีการป้องกันปรากฏการณ์ไอส์แลนดิง

1.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาแบบจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ วิธีการควบคุมกำลังสูงสุด และการป้องกันปรากฏการณ์ไอส์แลนดิง โดยใช้ โปรแกรม MATLAB
2. ศึกษาและสร้างตัวจำลองเซลล์แสงอาทิตย์
3. ศึกษาโครงสร้างของ ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ของระบบจ่ายพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์
4. สร้างส่วนประกอบทางซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ของระบบจ่ายพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์
5. ทดสอบการทำงานของการควบคุมกระแส , การเข้าจังหวะกับการไฟฟ้า , การควบคุมแรงดันคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์ และการตรวจหาจุดกำลังสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์
6. ทดสอบการป้องกันปรากฏการณ์ไอส์แลนดิง
7. วิเคราะห์ผลการทดสอบและแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา
8. ประเมินผลและเขียนวิทยานิพนธ์

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาตัวจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นใช้ภายในประเทศทำให้สะดวกต่อการทำงานวิจัยด้านเซลล์แสงอาทิตย์กำลังสูง
2. สามารถพัฒนาระบบจ่ายพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดเล็กและประสิทธิภาพสูงทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ
3. สามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานขนาดกลางจากการรวมแต่ละหน่วยย่อยโดยผู้ใช้เป็นผู้ลงทุนเอง