

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

พลังงานมีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิต [1] แต่การใช้พลังงานในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลเสีย ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทำให้เกิดภาวะโลกร้อน [2] จึงทำให้ต้องมีการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และมาตรการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกกันอย่างจริงจังทั่วโลก [3-4] ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพด้านการผลิต การอนุรักษ์พลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม [5-12] ในการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แผงเซลล์จะถูกต่อพ่วงกับอุปกรณ์ประกอบระบบที่ทำงานด้วยความถี่สูงอยู่เสมอ เพื่อควบคุมคุณภาพแรงดันและรักษาประสิทธิภาพกำลังงาน ในขณะที่ผลิตไฟฟ้า สภาพแวดล้อมของเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้พารามิเตอร์และแรงดันของแผงเซลล์มีการเปลี่ยนแปลง รวมถึงผลจากความถี่ไฟฟ้าของอุปกรณ์ประกอบระบบ ล้วนเป็นสาเหตุทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีค่าอิมพีแดนซ์ไม่แน่นอน จำเป็นต้องมีการปรับสมดุลอิมพีแดนซ์ของระบบผู้ออกแบบระบบ จึงจำเป็นต้องประเมินขอบเขตพลวัตของอิมพีแดนซ์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ล่วงหน้า อย่างไรก็ตาม การวัดลักษณะพลวัตของอิมพีแดนซ์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีเทคนิคการทดสอบหลายรูปแบบและมีข้อจำกัดบางประการ การศึกษานี้เป็นการศึกษาลักษณะพลวัตของเซลล์แสงอาทิตย์ในภาวะมืดและสว่าง ในภาวะคงตัวและโดเมนความถี่ ในการศึกษา ได้พัฒนาเทคนิคการทดสอบทางแสงขึ้นใหม่ 3 ลักษณะ คือ การพัฒนาแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมชนิดไดโอดเปล่งแสงที่พัลส์ด้วยแรงดันสูง การสร้างเครื่องกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมราคาถูกลำดับสำหรับทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ และการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการวิเคราะห์ทรานส์เฟอร์อิมพีแดนซ์

1.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานต่อพ่วงกับอุปกรณ์ประกอบระบบ เพื่อควบคุมคุณภาพ และรักษาประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้า

สมรรถนะการจ่ายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขึ้นกับคุณภาพของตัวเซลล์ [13] ความเข้มและมวลอากาศของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ การบังเงาเนื่องจากเมฆหรือวัตถุอื่น ความเร็วลมและอุณหภูมิแวดล้อม [14-15] ปัจจัยเหล่านี้ มีผลต่อสมบัติการจ่ายกระแส-แรงดัน และค่ากำลังงานสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก ในการทำงาน จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่สามารถปรับตัวได้อัตโนมัติ ให้ระบบผลิตไฟฟ้า จ่ายแรงดันไฟฟ้าในระดับที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจ่ายกำลังงานได้สูงสุดอยู่เสมอ

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระนั้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV module) จำเป็นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ประกอบระบบ (Balance of system, BOS) ซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจติดตามกำลังงานสูงสุด (Maximum power point tracker, MPPT) เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Charger) คอนเวอร์เตอร์ (Converter) และอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อติดตามกำลังงานสูงสุด ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ปรับค่าแรงดันขึ้นขึ้น และปรับค่าแรงดันไฟฟ้าให้สะดวกแก่การใช้งาน [16-18] ระบบผลิตไฟฟ้าแบบอิสระ มีการพัฒนาระบบการสวิตซ์ซึ่งด้วยความถี่สูงแบบปรับตัว มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1966-1968 [19-20] เรื่อยมาจนถึง การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าที่สามารถควบคุมและการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน [21-22]

ในระบบเชื่อมต่อกับกริดนั้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่งกำลังไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ประกอบระบบ เพื่อตรวจติดตามกำลังงานสูงสุด ปรับค่าแรงดันไฟฟ้า แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับ ควบคุมเฟสให้สอดคล้องกับกริด ควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้ากริด ตรวจสอบและป้องกันความผิดปกติ และบันทึกปริมาณไฟฟ้า [16-18] อุปกรณ์ประกอบระบบสำหรับเชื่อมต่อกับกริด เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ทำงานด้วยการสวิตซ์ความถี่สูงเช่นกัน [23-24]

อุปกรณ์ตรวจติดตามกำลังงานสูงสุดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีการทำงานเพื่อปรับค่าอิมพีแดนซ์โหลดให้มีค่าเท่ากับหรือสอดคล้องกับค่าอิมพีแดนซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์ (Impedance matching) ตามทฤษฎีส่งกำลังงานสูงสุด (Maximum Power Transfer Theorem) [25] ในการทำงานนั้น ใช้วิธีสวิตซ์ความถี่สูง ที่มีเทคนิคต่างกันหลายแบบ เช่น การปรับค่าแรงดันจุดทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ [26] การควบคุมอัตราส่วนการแปลงของคอนเวอร์เตอร์ [27] การควบคุมกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ [28] การปรับค่าอินดักแตนซ์ของคอนเวอร์เตอร์ [29] หรือ การควบคุมด้วยอัลกอริทึมหลายชั้น [30] เป็นต้น

การสวิตซ์ซึ่งความถี่สูงของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการส่งกำลังงานแล้ว ยังทำให้อุปกรณ์ประกอบระบบมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา จึงทำให้สามารถขนส่งและติดตั้งได้สะดวก ทั้งบนอวกาศหรือในโลก อย่างไรก็ตาม ในการส่งกำลังไฟฟ้าด้วยความถี่สูงนั้น ค่าความถี่ไฟฟ้าและค่าแรงดันใช้งาน ยังมีผลให้อิมพีแดนซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงด้วย [31-33]

นอกจากนี้ คาปาซิแตนซ์ในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีผลทำให้มีค่าแรงดันกระเพื่อม (Ripple voltage) ของระบบผลิตไฟฟ้าที่ใช้อุปกรณ์ประกอบระบบแบบสวิตซ์ขนาน เพิ่มสูงขึ้น และค่าแรงดันกระเพื่อมที่เกิดขึ้นนี้ ยังส่งผลต่อขีดจำกัดของค่าความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการสวิตซ์ด้วย [34]

ในการออกแบบอุปกรณ์ประกอบระบบ จึงจำเป็นต้องทราบค่าอิมพีแดนซ์ และขอบเขตการเปลี่ยนแปลง/หรือพลวัตของอิมพีแดนซ์ (Dynamics of impedance) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อควบคุมและปรับให้ค่าอิมพีแดนซ์ของอุปกรณ์ประกอบระบบและแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับหรือสอดคล้องกันอยู่เสมอ เมื่อผู้ออกแบบอุปกรณ์ประกอบระบบ มีข้อมูลจำเพาะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะนำไปใช้ ก็จะสามารถกำหนดค่าแรงดันใช้งาน ช่วงความถี่ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการส่งกำลังงานได้สูงสุด การลดค่าแรงดันกระแสเพื่อ และทำให้อุปกรณ์ประกอบระบบมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาได้

1.1.2 การวัดลักษณะพลวัตของอิมพีแดนซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์มีเทคนิคการทดสอบหลายรูปแบบ

ลักษณะกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้หาค่าพารามิเตอร์ในภาวะคงตัว (Static parameters) เช่น ค่าแรงดันเปิดวงจร (V_{oc}) กระแสลัดวงจร (I_{sc}) ประสิทธิภาพ (η) กำลังงานสูงสุด (P_m) ฟิลแฟคเตอร์ (Fill factor, FF) ค่าความต้านทานอนุกรม หรือ ค่าความต้านทานขนาน เป็นต้น มาตรฐานไออีซี 60904-1 (IEC 60904-1 Standards) กำหนดให้ทำการวัดลักษณะกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้ภาวะมาตรฐาน (ความเข้มแสง 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร สเปกตรัมแสงที่มวลอากาศ 1.5 และแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) [35]

การทดสอบลักษณะกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ อาจใช้แสงแดดธรรมชาติ หรือแสงอาทิตย์เทียม แต่การทดสอบด้วยแสงอาทิตย์เทียม สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของการทดสอบได้สะดวกกว่า แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมส่วนใหญ่ เป็นชนิดไฟแฟลชซีนอน (Flash xenon solar simulator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีอายุการใช้งานจำกัด มีราคาสูง และใช้พลังงานมาก แม้ปัจจุบันจะมีการพัฒนาแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมโดยใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง หรือ แอลอีดี (Light Emitting Diode, LED) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีอายุการใช้งานยาวนานกว่า มีราคาถูก และใช้พลังงานน้อย แต่ก็ยังมีขีดจำกัดในด้านความเข้มแสง ที่ยังไม่สามารถสร้างได้สูงถึง 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร [36-37]

ลักษณะพลวัต (Dynamic characteristics) ของเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถวัดได้โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ในโดเมนความถี่ (Frequency Domain) [38-40] และโดเมนเวลา (Time Domain) [40-42] การวิเคราะห์ด้วยวิธีทางความถี่นั้น ส่วนใหญ่เป็นการทดสอบด้วยการให้แรงดันไบอัสเซลล์แสงอาทิตย์ และกระตุ้นความถี่ไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในภาวะมืดและสว่าง [43] เรียกว่าการวิเคราะห์อิมพีแดนซ์สเปกโทรสโกปี (Impedance Spectroscopy) สำหรับการวิเคราะห์ในโดเมนของเวลานั้น เซลล์แสงอาทิตย์จะถูกกระตุ้นด้วยพัลส์ไฟฟ้าหรือพัลส์แสง เพื่อวัดผลตอบสนอง

ที่แตกต่างกัน เช่น ผลตอบสนองเวลาของค่ากระแสที่จ่ายออก [41] ผลตอบสนองเวลาของค่าแรงดันใช้งาน (Voltage time response) [42] หรือ ผลตอบสนองของค่าแรงดันเปิดวงจร (Open circuit voltage decay, OCVD) [44] เป็นต้น

1.1.3 พารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละตัวมีสมบัติต่างกัน ทำให้การวิเคราะห์พลวัตมีเทคนิคเฉพาะอย่าง และมีข้อจำกัดบางประการ

การหาค่าความต้านทานไดนามิกภายในของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้ภาวะแสงมาตรฐาน โดยใช้เส้นโค้งกระแส-แรงดันเส้นเดียว ช่วยให้สามารถประเมินความต้านทานแต่ละตัวของเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างชัดเจนและสะดวกยิ่งขึ้น [45-47] แต่ยังคงจำกัดเฉพาะผลการทดสอบภายใต้ภาวะแสงมาตรฐานเท่านั้น

การจำแนก ทรานซิสชันและดิฟฟิวชันคาปาซิแตนซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยอิมพีแดนซ์สเปกโตรสโกปี ช่วยอธิบายผลของค่าแรงดันใช้งานและค่าความถี่ไฟฟ้า ที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างเป็นรูปธรรม แม้ว่าจะจำกัดการทดสอบเฉพาะในภาวะมืด [38-39] การทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีอิมพีแดนซ์สเปกโตรสโกปี ในภาวะสว่างที่มีระดับความเข้มและความยาวคลื่นต่างกัน สามารถแสดงผลศึกษาที่ต่างออกไปให้ชัดเจนยิ่งขึ้น แต่ก็ยังไม่สามารถอธิบายผลของพารามิเตอร์ภายในของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละตัวได้อย่างชัดเจน [43] [48] และการประเมินค่าคาปาซิแตนซ์ของเซลล์แสงอาทิตย์ ยังจำกัดเฉพาะเทคนิคการวัดด้วยวิธีทางไฟฟ้า ทั้งในโดเมนความถี่และโดเมนเวลา [49-51]

การทดสอบพลวัตของเซลล์แสงอาทิตย์ในโดเมนความถี่โดยการทดสอบทางแสง เป็นการทดสอบวิธีใหม่สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีการพัฒนามาจากระบบทดสอบทางเคมีไฟฟ้า เช่น วัสดุกึ่งตัวนำอะมอร์ฟัส (Amorphous semiconductor) ถูกทดสอบโดยใช้เลเซอร์ (HeNe laser) กระตุ้นวัสดุด้วยความถี่ไฟฟ้า แล้วจึงวัดผลตอบสนองของความนำทางแสง (Frequency-resolved photoconductivity) [52] การศึกษาผลของความต้านทานอนุกรม ที่มีต่อการส่งผ่านอิเล็กทรอนิกส์และรวมตัวกลับ ในเซลล์ไดย์เซนซิไทซ์ (Dye-sensitized solar cell) ด้วยวิธีมอดูเลตความเข้มแสง (Intensity modulation) ด้วยไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน [53] หรือ การศึกษาพลวัตของพาหะไฟฟ้าที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง (Photo-generated carrier dynamics) โดยการมอดูเลตความเข้มแสง โดยใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแดง ในช่วง 1 ถึง 100,000 เฮิรตซ์ [54] เป็นต้น

การทดสอบด้วยการมอดูเลตความเข้มแสงในโดเมนของความถี่ เป็นเทคนิคใหม่ที่จะช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์ส่งผ่านพาหะไฟฟ้า ของเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่สร้างขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ (Home-made solar cell) ได้อย่างเป็นรูปธรรม แต่การทดสอบในลักษณะนี้ ยังจำกัดเฉพาะการทดสอบด้วยความยาวคลื่นเฉพาะค่า หรืออธิบายปรากฏการณ์รวมของเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ยังไม่ได้อธิบายถึงลักษณะพลวัตของพารามิเตอร์ภายในเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลของคาปาซิแตนซ์ทั้งสองชนิด

ปัจจุบัน การทดสอบสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีการใช้ไดโอดเปล่งแสง ซึ่งเป็นอุปกรณ์กึ่งตัวนำทางแสงที่ให้ความเข้มสูง ใช้พลังงานน้อย มีอายุการใช้งานยาวนาน น้ำหนักเบา ราคาถูก และมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มาทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการใหม่ ๆ ทั้งในภาวะคงตัว การทดสอบในโดเมนเวลาหรือโดเมนความถี่ แต่ก็ยังมีโอกาสพัฒนาเทคนิคการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ต่อไปได้อีก

1.1.4 การศึกษานี้ เป็นการศึกษาลักษณะพลวัตของเซลล์แสงอาทิตย์ในภาวะคงตัว และในโดเมนความถี่ ด้วยวิธีการใหม่ที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นเครื่องมือ

ในการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ในภาวะคงตัว การศึกษานี้ ได้ใช้แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียม ชนิดทั้งสแตนด์โลเจน ชนิดแสงผสมทั้งสแตนด์โลเจน-ไดโอดเปล่งแสง และชนิดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งมีราคาถูก มาศึกษาลักษณะกระแส-แรงดัน (I-V characteristics) การปรับแก้ค่า (Correction to STC) และพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สเปกตรัมที่ต่างกัน ในการวิจัย ได้พัฒนาเทคนิคการพัลส์ไดโอดเปล่งแสงด้วยแรงดันสูง ทำให้แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมชนิดไดโอดเปล่งแสงสามารถฉายความเข้มแสงได้มากถึง 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นวิธีใหม่ที่ทำให้มีความเข้มแสงสูงกว่าผลงานอื่น แหล่งกำเนิดแสงที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิคใหม่นี้ ยังถูกนำไปใช้ศึกษาพลวัตของความต้านทานไดนามิกภายใน ภายใต้แสงต่างสเปกตรัมด้วย ซึ่งเป็นการขยายขอบเขตของการศึกษาพลวัตของความต้านทานไดนามิกภายในของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งแต่เดิมศึกษาเฉพาะภายใต้แสงมาตรฐานเท่านั้น

สำหรับการทดสอบลักษณะพลวัตของเซลล์แสงอาทิตย์ในโดเมนความถี่ การศึกษานี้ ได้พัฒนาวิธีการทดสอบใหม่ คือ การทดสอบผลตอบสนองของทรานส์เฟอร์อิมพีแดนซ์ด้วยวิธีมอดูเลตความเข้มแสง (Intensity Modulation Transfer Impedance Spectroscopy, IMTIS) โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขั้ว (Terminal Voltage) กับค่ากระแสแสง (Photocurrent) ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นจากการมอดูเลตความเข้มแสงของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน เขียว แดง หรือขาว

ในช่วงความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ ถึง 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ภายใต้การไปอัดด้วยแสงทั้งสแตนฮาโลเจนที่ความเข้มแสงระดับ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ผลการทดสอบของทรานส์เฟอร์อิมพีแดนส์ถูกนำไปประมาณค่าและจำแนกคาปาซิแตนส์ของเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการศึกษาจะ เป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคใหม่ ที่ได้นำไดโอดเปล่งแสงมาใช้ในการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ในภาวะคงตัวและในโดเมนความถี่ การพัฒนาแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมที่มีคุณภาพแต่มีราคาถูก การศึกษาลักษณะพลวัตของความต้านทานไดนามิกภายใน นำไปสู่การสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างผลการทดสอบในภาวะมีดกับภาวะสว่างด้วยการวิเคราะห์วงจรสมมูล และการอธิบายลักษณะพลวัตของคาปาซิแตนส์ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นในภาวะสว่าง ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเทคนิคของการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพอย่างเป็นระบบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาลักษณะเปรียบเทียบพลวัตของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้ภาวะมีดและสว่าง

(1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะกระแส-แรงดัน พารามิเตอร์ในภาวะคงตัว และค่าความต้านทานไดนามิกภายในของเซลล์แสงอาทิตย์ ภายใต้ภาวะมีดและภายใต้แหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมชนิดทั้งสแตนฮาโลเจน ชนิดแสงผสมทั้งสแตนฮาโลเจน-ไดโอดเปล่งแสง และชนิดไดโอดเปล่งแสง

(2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะพลวัตของทรานส์เฟอร์อิมพีแดนส์และคาปาซิแตนส์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในโดเมนความถี่ ที่ระดับค่าแรงดันใช้งานต่างกัน

1.3 ขอบเขต

(1) การศึกษาลักษณะกระแส-แรงดัน พารามิเตอร์ในภาวะคงตัว และค่าความต้านทานไดนามิกของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยว ขนาด 12.5*12.5 ตารางเซนติเมตร

(2) ศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ในภาวะคงตัว โดยการทดสอบลักษณะกระแส-แรงดันด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมชนิดทั้งสแตนฮาโลเจน ชนิดแสงผสมทั้งสแตนฮาโลเจน และชนิดไดโอดเปล่งแสง ที่มีความเข้มแสงไม่น้อยกว่า 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร

(3) ศึกษาลักษณะพลวัตของทรานส์เฟอร์อิมพีแดนส์และคาปาซิแตนส์ของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เทคนิควงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์

(4) ศึกษาพลวัตและหาค่าคาปาซิแตนส์ของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยวิธีมอดูเลตความเข้มแสง ด้วยไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน สีเขียว สีแดง และสีขาว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ได้แนวความคิดการพัฒนาแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมชนิดทั้งสแตนด์อะโลน ชนิดแสงผสมทั้งสแตนด์อะโลน-ไดโอดเปล่งแสง และชนิดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียมที่มีราคาถูก

(2) รู้และเข้าใจระบบการวัดลักษณะกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ทดสอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงอาทิตย์เทียม

(3) ได้รูปแบบการวิเคราะห์ทางพลวัตและเทคนิคการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการมอดูเลตความเข้มแสงในโดเมนความถี่

(4) ได้แนวคิดสำหรับการวิเคราะห์คาปาซิแตนส์ของเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยวิธีการทดสอบทางแสง ไปใช้ในการศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะทำงานภาคสนามได้

(5) ได้แนวความคิดการศึกษาลักษณะพลวัตเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ได้รับอิทธิพลจากความเปลี่ยนแปลงของแสงในภาวะฉับพลัน เช่น การบดบังของเมฆ หรือการบังเงาชั่วคราวเนื่องจากสาเหตุอื่น เป็นต้น