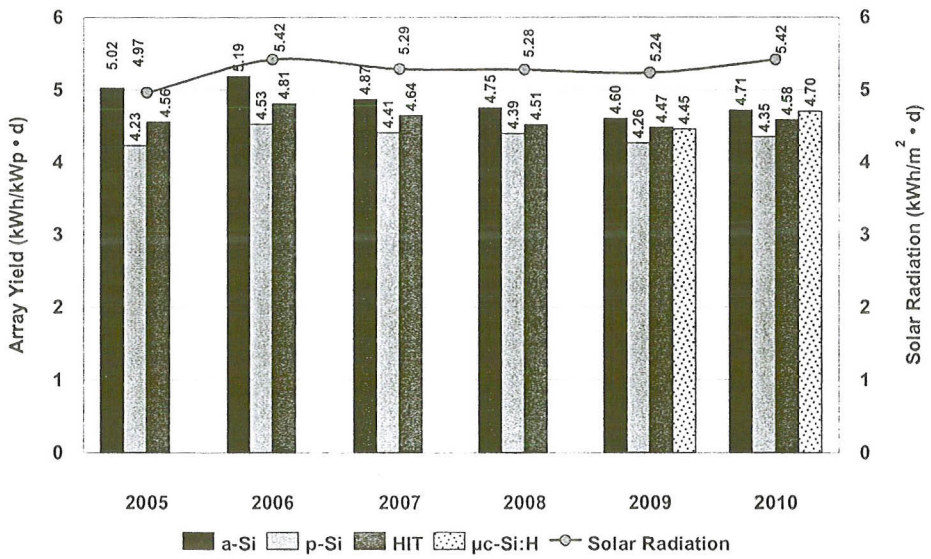
บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในบทนี้นำเสนอผลการศึกษา โดยจะแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นผลการศึกษาแนวโน้มการลดลงของสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si p-Si HIT และ μc-Si:H ในระยะยาวภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย และส่วนที่สอง เป็นผลการศึกษาผลกระทบด้านเศรษฐศาสตร์จากการลดลงของสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการศึกษาแนวโน้มการลดลงของสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si p-Si HIT และ μc-Si:H ในระยะยาวภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย

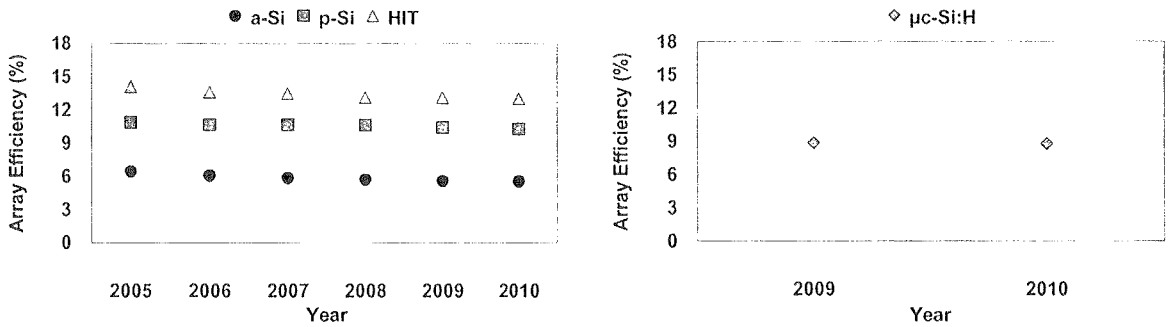
ในหัวข้อนี้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก ผลการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ ดังรูปที่ 4.1 เป็นผลการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ พบว่าพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si p-Si HIT และ μc-Si:H สามารถผลิตได้โดยเฉลี่ยรายปี มีค่าเท่ากับ 4.86 4.36 4.60 และ 4.58 kWh/kWp • d ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าที่สูงที่สุด และรองลงมาคือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด HIT และ μc-Si:H มีความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกัน เนื่องจากทั้ง 2 ชนิดใช้กรรมวิธีในการผลิตแบบผสมผสานระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมกับชนิดฟิล์มบาง จึงทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีความสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้นและสมรรถนะสูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด p-Si



ปี 2548 จำนวนวันที่บันทึกข้อมูล เท่ากับ 106 วัน ปี 2549 จำนวนวันที่บันทึกข้อมูล เท่ากับ 291 วัน
ปี 2550 จำนวนวันที่บันทึกข้อมูล เท่ากับ 262 วัน ปี 2551 จำนวนวันที่บันทึกข้อมูล เท่ากับ 229 วัน
ปี 2552 จำนวนวันที่บันทึกข้อมูล เท่ากับ 181 วัน ปี 2553 จำนวนวันที่บันทึกข้อมูล เท่ากับ 147 วัน

รูปที่ 4.1 พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้เฉลี่ยรายวันในแต่ละชนิด

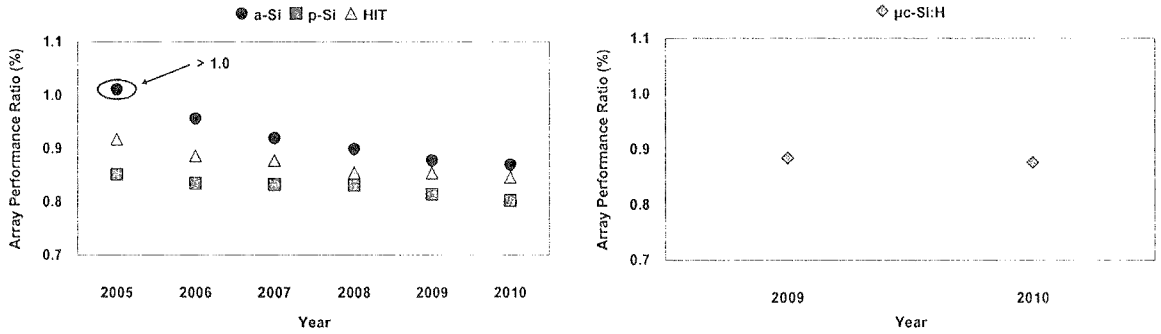
จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการลดลงของประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si p-Si HIT และ μc-Si:H จากการศึกษาพบว่าอัตราการลดลงของประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si p-Si HITและ μc-Si:H มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.95 0.39 0.47 และ 0.47 ต่อปี ตามลำดับ โดยแนวโน้มการลดลงของสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชนิด มีอัตราเช่นเดียวกันกับอัตราการลดลงของประสิทธิภาพ ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 0.95 0.39 0.47 และ 0.47 ต่อปี



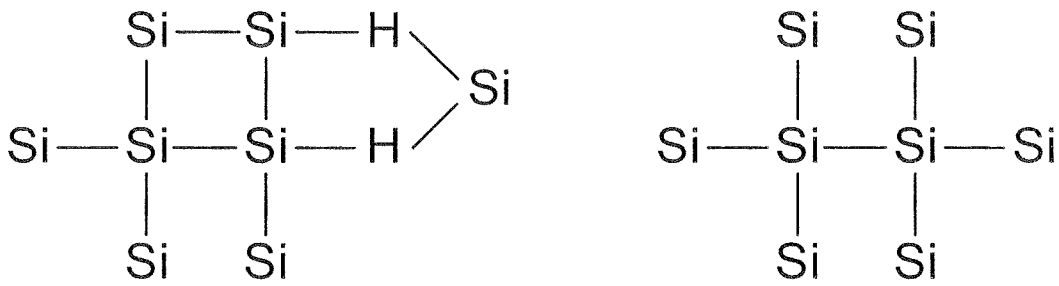
รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด

จากรูปที่ 4.3 เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชนิด จะเห็นได้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si จะมีสมรรถนะสูงกว่า 1 เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนอสัณฐานสามารถทำงานได้ดีในสภาวะอากาศร้อนชื้นมาจากสาเหตุสำคัญสามประการคือ (1) Stabilization หรือสภาวะเสถียรภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนอสัณฐาน (2) ปรากฏการณ์ Heat annealing และ (3) Spectrum response ของแสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนอสัณฐาน [38] เนื่องจากการจัดเรียงตัวอะตอมของเซลล์แสงอาทิตย์ซิลิกอนอสัณฐานไม่เหมือนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะการเรียงตัวของอะตอม Si ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนอสัณฐานจะไม่ดีเหมือนกับในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน ซึ่งลักษณะดังกล่าวเรียกว่าการเกิด defect โดยมีอะตอมของ H แทรกตัวอยู่ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนอสัณฐานเมื่อผลิตออกมาใหม่ๆ จะมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.4 ข ซึ่งในช่วงแรกที่นำไปใช้งานประสิทธิภาพของแผงเซลล์จะสูง เนื่องจากการที่มีอะตอม H แทรกอยู่ในโครงสร้างทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น แต่หลังจากผ่านไประยะหนึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนอสัณฐานจะเข้าสู่สภาวะที่เรียกว่า Stabilization (โดยปรกติแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนอสัณฐานเมื่อนำมาใช้งานจริงจะใช้เวลาระยะหนึ่งเพื่อเข้าสู่ช่วง Stabilization) ซึ่งมีผลทำให้แผงเซลล์มีประสิทธิภาพต่ำลง สาเหตุเนื่องมาจากอะตอม H ที่แทรกตัวอยู่เคลื่อนที่ออกไป ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในโครงสร้างอะตอมของผลึกซิลิกอนอสัณฐานได้ยากขึ้น แต่เมื่อเกิดปรากฏการณ์ Heat annealing ในกรณีที่แผงเซลล์มีอุณหภูมิสูงขึ้น (อุณหภูมิใช้งานจริงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สูงกว่า 60 ^{o}C) อะตอม H ก็จะกลับเข้ามาเรียงตัวในโครงสร้างอะตอมของผลึกซิลิกอนอสัณฐานเหมือนเดิม ทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ได้ดีขึ้นจึงเกิดการชดเชยกำลังไฟฟ้าที่หายไปได้ ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน

นอกจากนี้หากอธิบายในเชิงการเปลี่ยนรูปพลังงานแล้วจะพบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนจะมีค่า energy gab ค่อนข้างคงที่ที่ 1.1 eV และจะไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของเซลล์ที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ค่า energy gab ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนอสัณฐานจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิเซลล์ ดังนั้นเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนอสัณฐานมีอุณหภูมิทำงานที่สูงขึ้นก็จะสามารถดูดกลืนแสงหรือโฟรตอนในช่วงย่านความถี่ที่เพิ่มขึ้นด้วย หรืออีกความหมายคือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนอสัณฐาน Response spectrum ของแสงได้ดีขึ้นนั่นเอง [39]



รูปที่ 4.3 สมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด

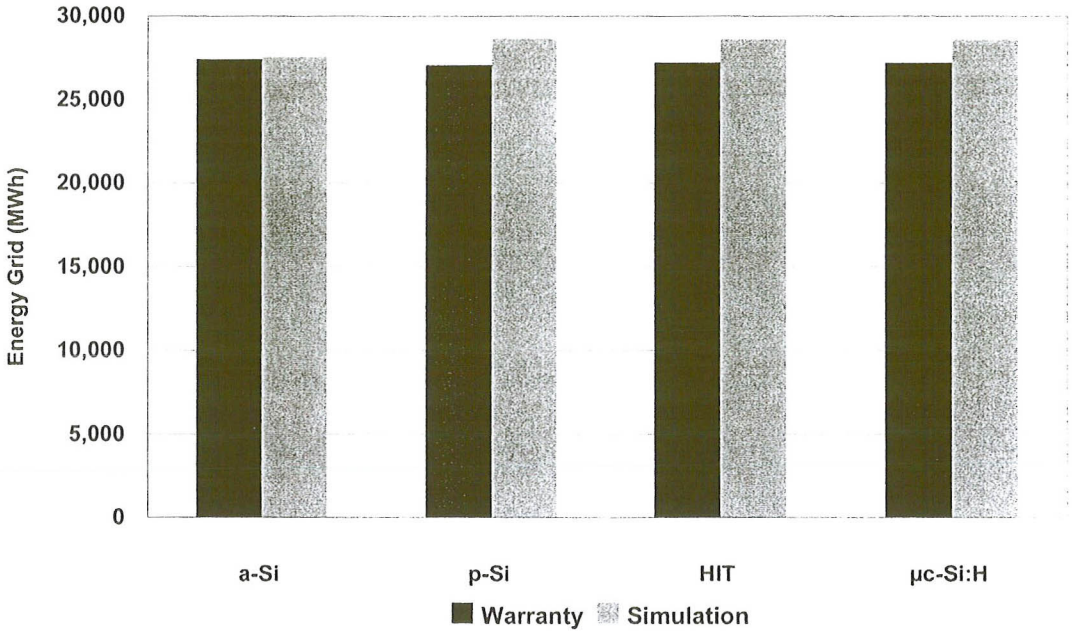


ก. ซิลิกอนอสัณฐาน (Amorphous Silicon) ข. ผลึกซิลิกอน (Crystalline Silicon)

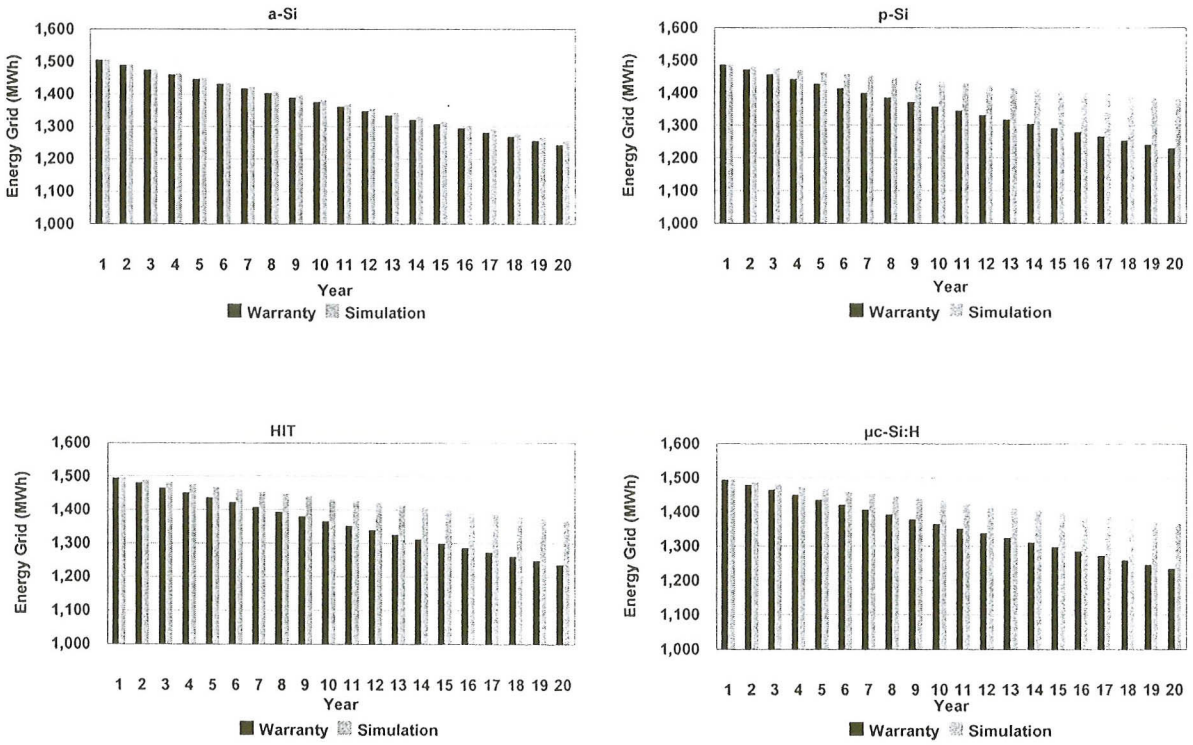
รูปที่ 4.4 ลักษณะโครงสร้างอะตอมของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนและซิลิกอนอสัณฐาน

จากการศึกษาการลดลงของสมรรถนะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชนิด เมื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการทำนาย (simulation) กับเงื่อนไขการรับประกัน (warranty) พบว่า พลังงานไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขการรับประกันแผงเซลล์จากผู้ผลิต ชนิด a-Si p-Si HIT และ μc-Si:H สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดอายุของโรงไฟฟ้าเท่ากับ 27,410,469 27,064,492 27,224,734 และ 27,206,524 kWh ตามลำดับ และผลการทำนายพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชนิดภายใต้สภาวะการใช้งานจริง สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดอายุของโรงไฟฟ้าเท่ากับ 27,537,739 28,650,001 28,603,785 และ 28,584,654 kWh ตามลำดับ ความแตกต่างระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการทำนายกับเงื่อนไขการรับประกัน คิดเป็นร้อยละ 0.46 5.86 5.07 และ 5.07 ตามลำดับ

จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเงื่อนไขการรับประกันแผงเซลล์จากผู้ผลิต ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงเห็นถึงแนวโน้มของพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้รายปีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด



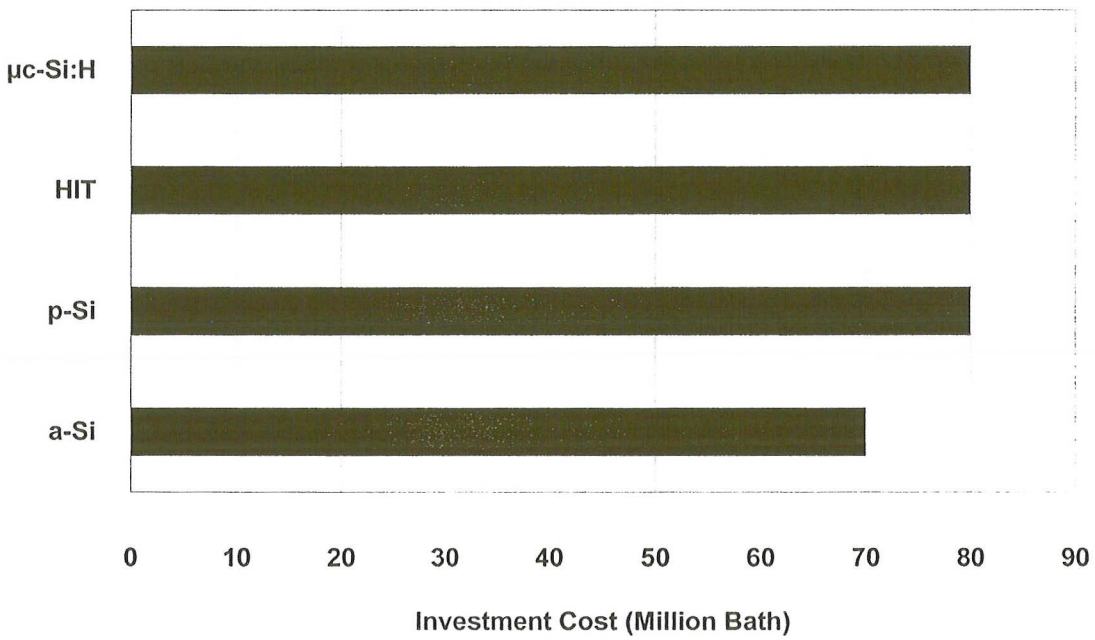
รูปที่ 4.5 พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ตลอดอายุของโรงไฟฟ้า



รูปที่ 4.6 พลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้รายปีในแต่ละชนิด

4.2 ผลการศึกษาผลกระทบด้านเศรษฐศาสตร์จากการลดลงของสมรรถนะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่

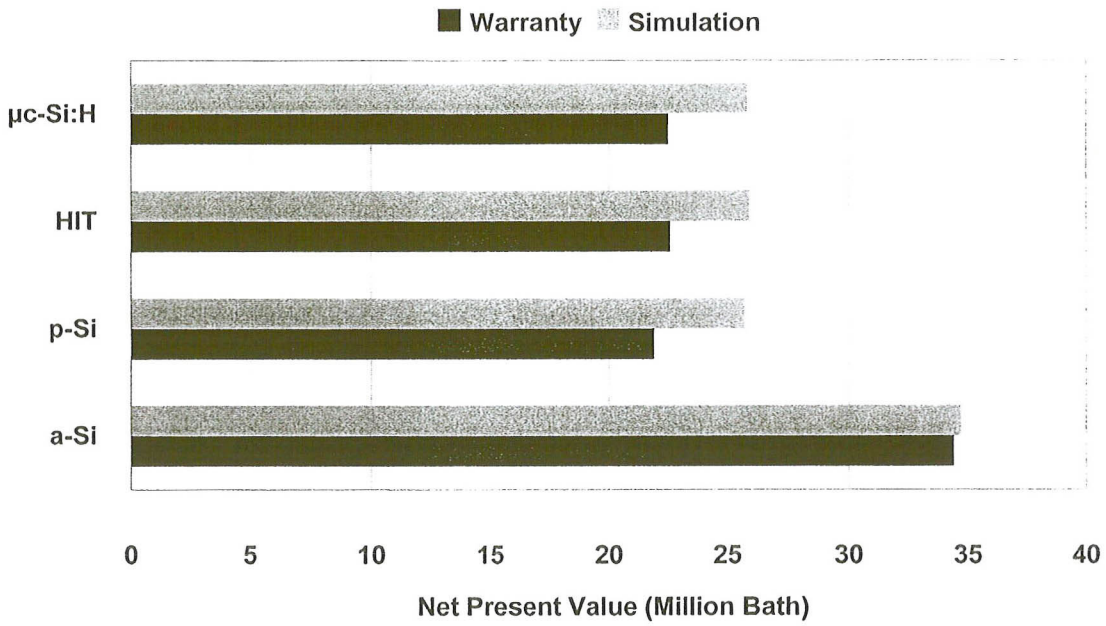
4.2.1 โรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si p-Si HIT และ μc-Si:H ต้นทุนในการติดตั้งโรงไฟฟ้า (Investment Cost) ขนาด 1 MW โดยประมาณ 75 80 80 และ 80 ล้านบาท ซึ่งราคาอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่วัสดุและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้งาน ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ต้นทุนการติดตั้งโรงไฟฟ้าโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด

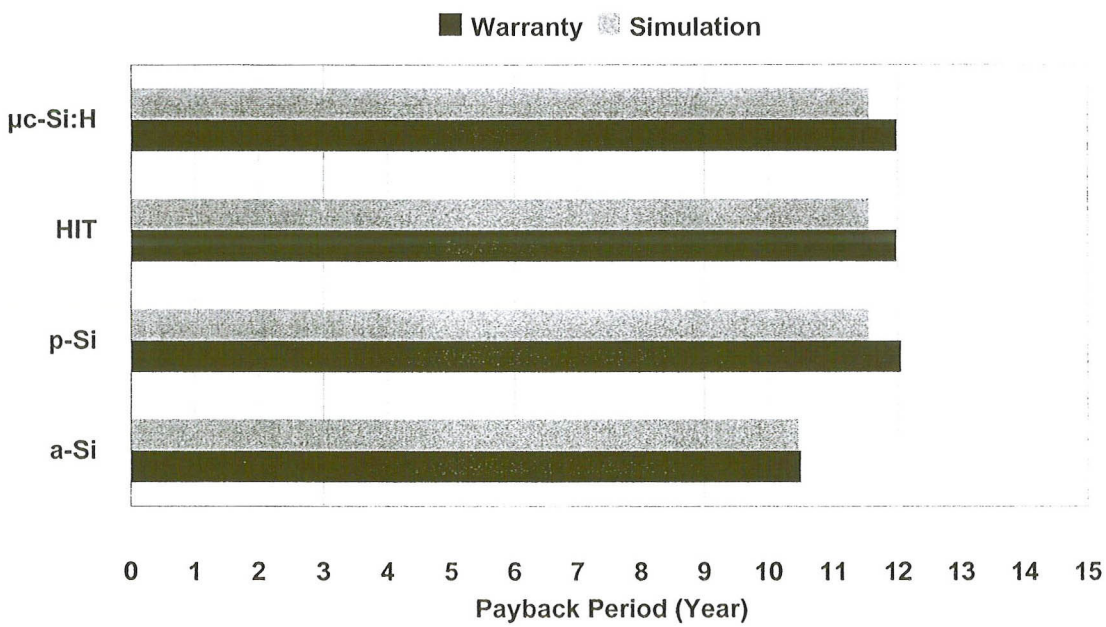
4.2.2 ผลประโยชน์สุทธิตลอดอายุของโรงไฟฟ้า (Net Present Value) ภายใต้เงื่อนไขการรับประกันแผงเซลล์จากผู้ผลิตชนิด a-Si p-Si HIT และμc-Si:H เท่ากับ 34,408,348 21,925,517 22,610,391 และ22,532,564 บาท และตามการทำนายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชนิดภายใต้สภาวะการใช้งานจริงเท่ากับ 34,715,370 25,709,200 25,906,495 และ25,826,464 บาท ความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 กรณีพบว่าโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชนิด มีความสามารถขายไฟฟ้าได้มากกว่าเงื่อนไขการรับประกันไว้ คิดเป็นร้อยละ 0.89 17.26 14.58 และ 14.62 ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าผลประโยชน์สุทธิตลอดอายุของโรงไฟฟ้าอาจจะได้มากกว่าเงื่อนไขการรับประกันไว้ ดังรูปที่ 4.8

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย



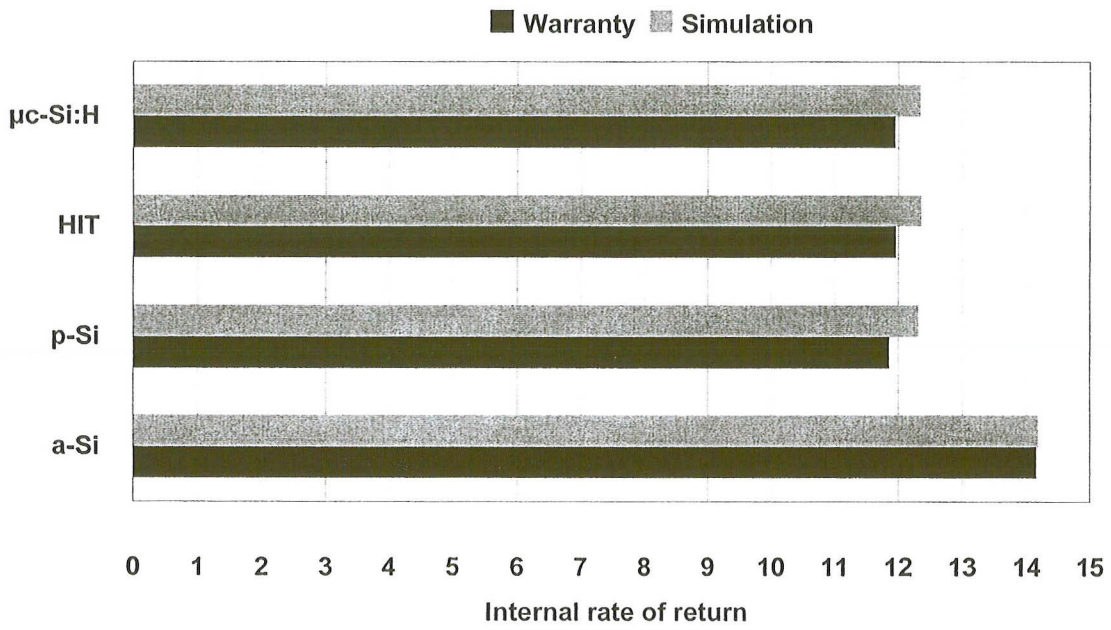
รูปที่ 4.8 ผลประโยชน์สุทธิตลอดอายุของโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด

4.2.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ของโรงไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขการรับประกันแผงเซลล์จากผู้ผลิตชนิด a-Si p-Si HIT และµc-Si:H เท่ากับ 10.51 12.06 11.98 และ 11.99 ปี และตามการทำนายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชนิดภายใต้สภาวะการใช้งานจริง เท่ากับ 10.47 11.55 11.55 และ 11.55 ปี ความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 กรณี พบว่าโรงไฟฟ้ามีระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่าการรับประกันไว้ คิดเป็นร้อยละ 0.35 4.20 3.66 และ 3.66 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ระยะเวลาคืนทุนของโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด

4.2.4 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return) ของโรงไฟฟ้าภายใต้เงื่อนไขการรับประกันแผงเซลล์จากผู้ผลิตชนิด a-Si p-Si HIT และμc-Si:H เท่ากับ 14.15 11.86 11.97 และ 11.95 และตามการทำนายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชนิดภายใต้สภาวะการใช้งานจริง เท่ากับ 14.18 12.31 12.36 และ 12.34 ความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 กรณี พบว่าโรงไฟฟ้า มีอัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่าการรับประกันไว้ คิดเป็นร้อยละ 0.19 3.81 3.25 และ 3.26 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 อัตราผลตอบแทนภายในของโรงไฟฟ้าที่ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด