บทคัดย่อ

T143579

การพัฒนาและออกแบบติดตั้งใช้งานระบบโซล่าเซลล์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในประเทศต่างๆ ทั่วโลกได้มีอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี โดยสิ้นปี พ.ศ. 2544 โลกมีระบบฯ ขนาดกำลังผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นประมาณ 473 MW การนำระบบนี้มาใช้ก็เพื่อช่วยทดแทนการผลิตไฟฟ้าเฉพาะช่วงกำลังไฟฟ้าสูงสุด แต่เอาท์พุทของโซล่าเซลล์จะขึ้นอยู่กับความเข้มแสงอาทิตย์เป็นหลัก อาจทำให้คุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ได้ไม่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานและความปลอดภัยของการไฟฟ้า

ในปี พ.ศ. 2542 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ของประเทศไทยได้สนับสนุนให้มีการจัดทำโครงการทดลองหรือระบบต้นแบบระบบโซล่าเซลล์บนหลังคาบ้านที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในบ้านพักอาศัย อาคารของรัฐและโรงเรียน และอาคารในโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับเสถียรภาพและคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ติดตั้งระบบโซล่าเซลล์

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบโซล่าเซลล์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในเรื่อง แรงดันกระเพื่อม เพาเวอร์แฟคเตอร์ และฮาร์มอนิกที่จุดเชื่อมต่อระบบ ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอาทิตย์ในสภาวะการทำงานจริง โดยทำการศึกษาระบบของโรงเรียนสตรีสมุทรปราการ ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง กรกฎาคม 2545 ระบบมีขนาดกำลังผลิตไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์

X-Si Siemens 4.2 kWp อินเวอร์เตอร์ลีโอนิกส์ รุ่น G304 ขนาด 3.5 kW และเชื่อมต่อกับสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) พารามิเตอร์ในการศึกษาได้แก่ ความเข้มแสงอาทิตย์ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า เพาเวอร์แฟคเตอร์ และฮาร์มอนิก ที่จุดเชื่อมต่อระบบ

เนื่องจากระบบโซล่าเซลล์นี้ไม่สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงโซล่าเซลล์ได้ ผู้วิจัยจึงทำการสร้างระบบทดสอบโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงชนิดใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้น มีพิกัดกำลังไฟฟ้า 10 kW แรงดันไฟฟ้า 160 V และกระแสไฟฟ้า 63 A ดำเนินการในห้องปฏิบัติการของภาควิศวกรรมไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย โดยจะสมมติให้กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเปรียบเสมือนกำลังไฟฟ้าของโซล่าเซลล์

ผลการดำเนินงานวิจัยและวิเคราะห์พบว่า แรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระบบแปรตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์และสัมพันธ์กับความเร็วในการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงอาทิตย์ ซึ่งในสภาวะจริงการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอาทิตย์โดยภาพรวมแล้วจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ทำให้ช่วงความเข้มแสงอาทิตย์สูง แรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระบบจะเปลี่ยนแปลงน้อยลง เนื่องจากระบบมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าที่จุดเชื่อมต่อระบบถูกควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้าของกริด ส่งผลให้แรงดันกระเพื่อมไม่เกินขีดจำกัดมาตรฐานของการไฟฟ้า

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าประมาณ 1 ที่ความเข้มแสงอาทิตย์สูง แต่เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าลดต่ำลงกว่า 200 W/m^2 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว จากระบบทดสอบช่วงเริ่มทำงานของอินเวอร์เตอร์และช่วงใกล้ตัดออกจากระบบจำหน่ายไฟฟ้า เช่น กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้อินเวอร์เตอร์ประมาณ 0.10 kW (ความเข้มแสงอาทิตย์ประมาณ 85 W/m^2) ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะประมาณ 0.53 ทำให้มีการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (220 VAR) เข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งถ้ามีระบบต่ออยู่เป็นจำนวนมาก ที่ช่วงดังกล่าวกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟก็จะเพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ ส่วนความเร็วของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอาทิตย์จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกระแสฮาร์มอนิกยังไม่สามารถสรุปได้ เนื่องจากจุดที่วัดค่าเป็นจุดต่อร่วมระหว่างอินเวอร์เตอร์ โหลดและกริด และกระแสฮาร์มอนิกนี้ก็มีค่าต่ำมาก (ไม่เกินขีดจำกัดมาตรฐานการไฟฟ้า) $\%THD_c$ แปรผกผันกับความเข้มแสงอาทิตย์ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์ต่ำลง $\%THD_c$ นี้ไม่มีผลกระทบต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าเนื่องจากค่ากระแสฮาร์มอนิกที่ความถี่หลักมูลก็มีค่าลดน้อยลงด้วย

T 143579

การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอาทิตย์ไม่มีนัยยะสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลง แรงดันฮาร์มอนิก และ %THD เนื่องจากปัจจัยหลักเกิดจากฮาร์มอนิกของระบบไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ความเข้มแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับแรงดันไฟฟ้า เพาเวอร์แฟคเตอร์ และ %THD ที่จุดเชื่อมต่อระบบ ระบบขนาดเล็กที่ใช้อินเวอร์เตอร์ของบริษัทลีโอนิกส์รุ่นนี้ จะไม่ส่งผลต่อคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในเรื่อง แรงดันกระเพื่อม เพาเวอร์แฟคเตอร์และฮาร์มอนิก ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอาทิตย์ และถ้าในอนาคตมีการติดตั้งระบบนี้มากขึ้นก็จะไม่ทำให้เกิดปัญหาแรงดันกระเพื่อม แต่ควรคำนึงถึงกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟและฮาร์มอนิกกระแสที่อาจจะเพิ่มขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าช่วงที่ความเข้มแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

คำสำคัญ: โซล่าเซลล์/ ระบบโซล่าเซลล์ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า/ คุณภาพกำลังไฟฟ้า/ ความเข้มแสงอาทิตย์/ แรงดันกระเพื่อม/ เพาเวอร์แฟคเตอร์/ ฮาร์มอนิก

Photovoltaic (PV) grid connected systems are increasing all over the world. By the end of 2000, the total installed power of such application is about 473 MWp. These systems provide electricity at peak loads. As output of the systems depend on radiation level and electrical loads, connecting more PV grid connected systems to the distribution networks raise concerns on electrical quality and safety due to islanding effects.

In 1998 the Energy Policy and Planning Office (EPPO) of Thailand initiated a national preprogram on rooftop grid connected systems for domestic households, government offices and schools, and Royal-initiated project sites. All the systems were installed by the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT). No monitoring of the systems has been undertaken. The research of this thesis is on the on-site measurement (between June and July 2001) and analysis of the system at the Satree Samut Prakarn School under the national program. The system consists of a 4.2 kWp X-Si Siemens array, a 3.5 kW Leonics grid-connected inverter (ModelG304). The system is connected to the distribution network of the Metropolitan Electricity Authority (MEA).

Parameters under monitoring are radiation level, inverter outputs, harmonics (voltage, current and power) at the point of common coupling-PCC between the inverter, the load and the distribution transformer.

TE 143579

As the monitoring took place on the system in actual operation, no controlled experiments were possible, especially variation in radiation levels. Consequently, a laboratory-based system was set up in the Department of Electrical Engineering of the University. A separately-excited 10 kW DC generator, 160 V and 63 A, replaced a PV array. The DC output of the PV array is represented by the generator output.

On the actual system, three conclusions can be made. First, the voltage at PCC depends on radiation level. Moreover, the radiation level and the rate of radiation change due to clouds affect the voltage. As radiation changes slowly, the variation in the voltage at PCC is not large and is observed to be within the limit of the standards set by the electricity utilities.

Secondly, a unity power factor is observed at the radiation above 200 W/m^2. But the power factor decreases rapidly at low radiation. Even though the observed value is small but connecting thousands of distributed systems to the network and the effects of larger reactive power flowing into the network should be further investigated.

Thirdly, significant harmonics observed are odd harmonics, except the second and fourth harmonics. At low radiation range (200-400 W/m^2) and high radiation range (400-800 W/m^2), harmonics characteristics are rather similar. Below 200 W/m^2 the total harmonic distortion current is larger than 7.5 %, and above the standards whereas the total harmonic distortion voltage is rather dependent on the radiation but within the acceptable standards.

The laboratory system is used to study the voltage flickering, the power factor and harmonics at the PCC due to changes in inverter inputs, represented by variation in the DC output of the generator. Three points are noted. First, the line voltage largely determines the PCC voltage. This depends on the rate of change in inverter inputs, or radiation change. Secondly, power factor is not related to the rate of change. Near the cut-off level of the inverter, around 0.10 kW, the power factor is about 0.53 and outside the acceptable value set by the standards. The corresponding reactive power supplied by the system to the line is about 220 VAR. Thirdly, most odd harmonics correlate with the rate of change in inverter input, or radiation change. The total harmonic distortion current and voltage nature are similar to those observed with the actual PV system.

Keywords: Photovoltaic/ Rooftop Grid Connected / Radiation/ Voltage Flickering/ Power Factor/ Harmonic