

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

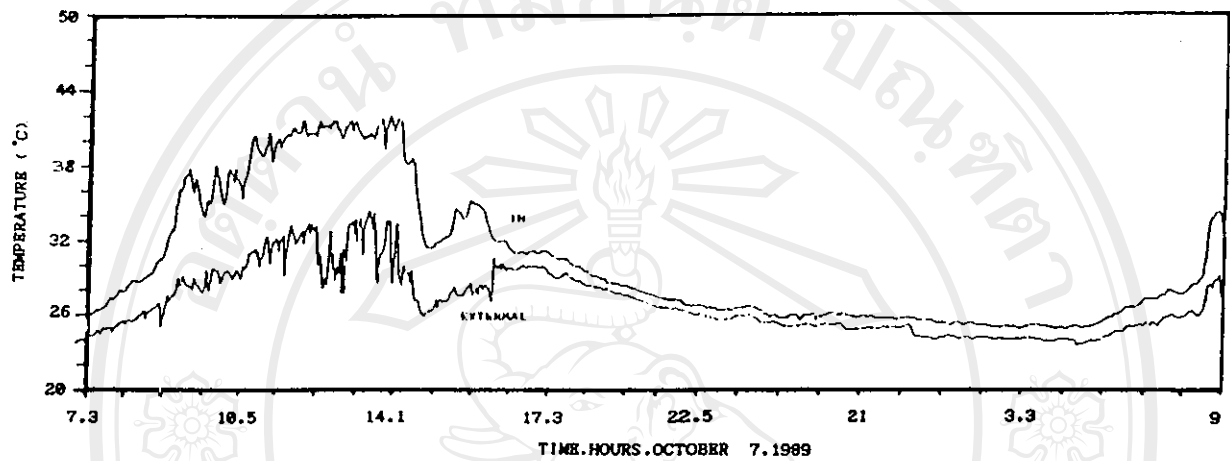
หลังจากได้สร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบควบคุมความชื้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว และเพื่อให้สะดวกต่อการทำการทดลองต่าง ๆ จึงนำซิงเกิลบอร์ดไปยังส่วนต่าง ๆ ของระบบ แสดงดังรูปที่ 3.2 และต่อสายสัญญาณจากซิงเกิลบอร์ดไปยังคอมพิวเตอร์ ไอพีเอ็ม พีซี/เอ็กที เมื่อต้องการส่งข้อมูลเพื่อนำไปแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟต่อไป และคีย์โปรแกรมควบคุมทุกโปรแกรมซึ่งเก็บไว้ใน ROM ส่วนขั้นตอนการทดลองคือ ศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นระหว่างภายในกับภายนอกโรงเรือน ศึกษาการลดอุณหภูมิเมื่อนิ้บน้ำหลังคาให้เปียกชื้น ศึกษาการลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นโดยนิ้บน้ำภายในโรงเรือนเป็นช่วง ๆ ทั้งใน กรณีนิ้บน้ำหลังคาและไม่นิ้บน้ำหลังคา และศึกษาการลดความชื้นเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศ ตามลำดับ

เมื่อรู้ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นภายในกับภายนอกโรงเรือนและผลการทำงานของหัวนิ้บน้ำหลังคาและภายในโรงเรือน และพัดลมระบายอากาศแล้ว จึงทดลองควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในขั้นต่อไป สำหรับรายละเอียดของการทดลองและผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

4.1 ความเข้มแสงแดด อุณหภูมิและความชื้นเมื่อหลังคาแห้ง

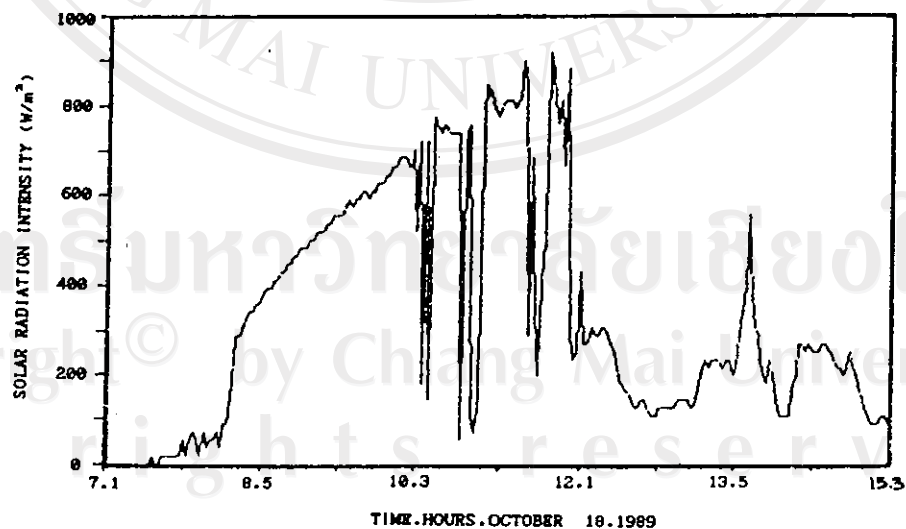
การทดลองนี้เพื่อจะศึกษาอุณหภูมิและความชื้น ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน และวัดความเข้มแสงแดดที่ตกกระทบผิวภายนอกของโรงเรือน โดยไม่นิ้บน้ำหลังคา เมื่อลักษณะของภูมิอากาศต่าง ๆ กัน เช่น ฝนตก ท้องฟ้าโปร่งใสหรือมีเมฆมาก ตลอดถึงในเวลากลางคืน ซึ่งมีวิธีการทดลองดังแสดงไว้ในโปรแกรมที่ 1 (ผังงานหน้า 34 รายละเอียดโปรแกรมหน้า 98)

ผลการทดลอง แสดงไว้ในรูปที่ 4.1-4.9 ดังต่อไปนี้



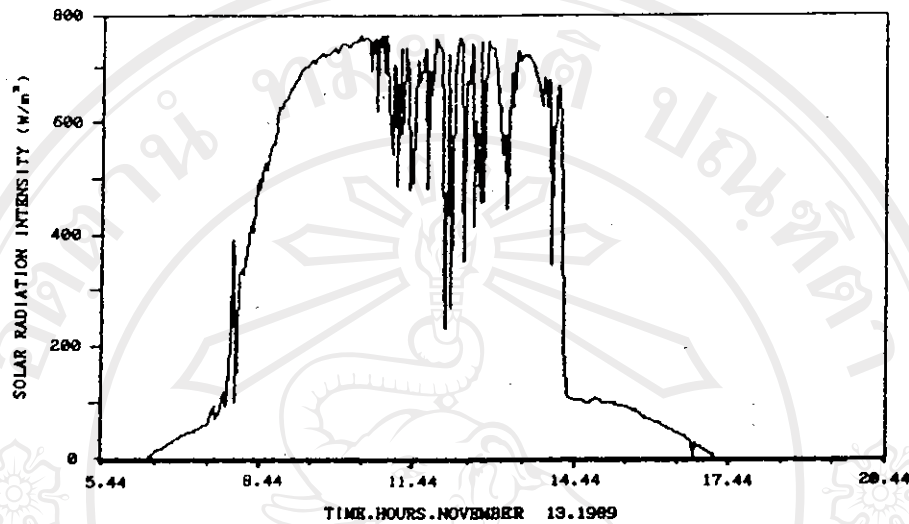
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.1 ในเวลา 14:00 - 15:00 น. ฝนตก อุณหภูมิจึงลดอย่างรวดเร็ว แต่ในเวลากลางคืนอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงน้อยมาก



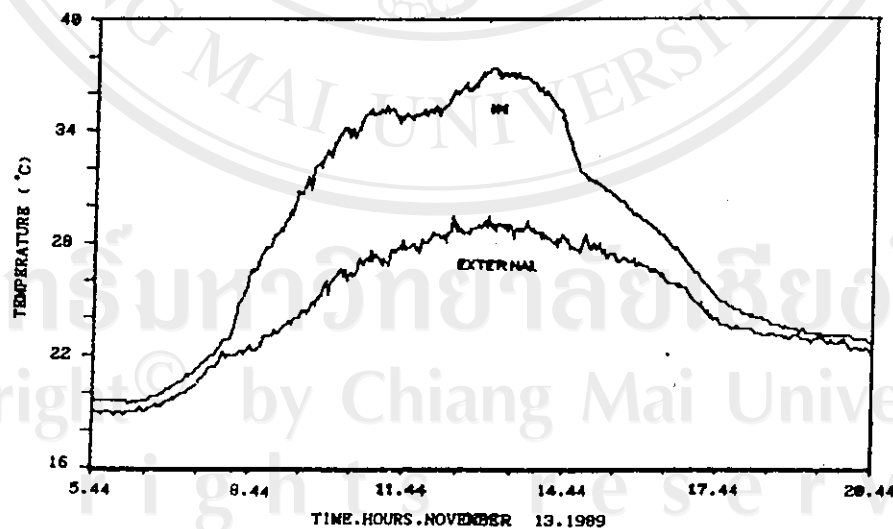
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความเข้มแสงแดด

จากรูปที่ 4.2 ฝนตกในช่วงเวลา 10:00 - 12:00 น. และมีเมฆบังแสงแดดเป็นครั้งคราว (ฝนตงัด) และฝนตกอีกในเวลาประมาณ 12:00 - 13:00 น.



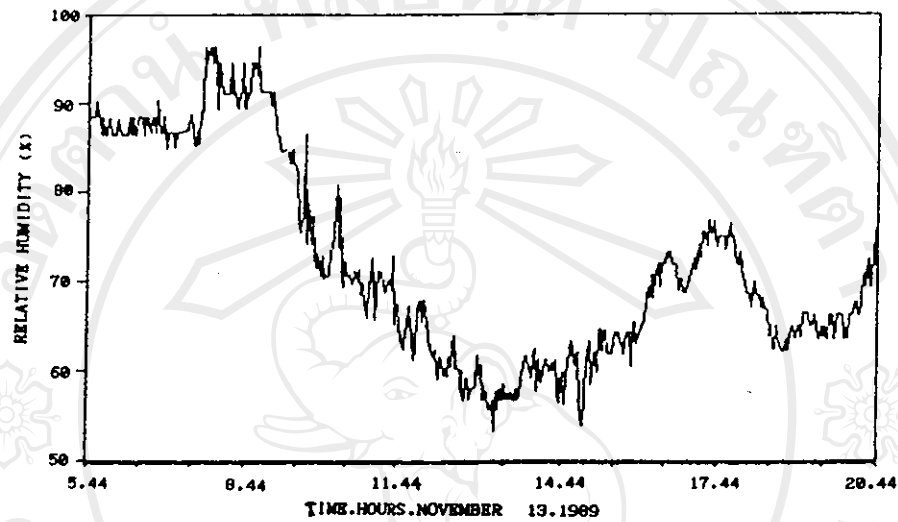
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความเข้มแสงแดด (ท้องฟ้าโปร่งใส)

จากรูปที่ 4.3 ในวันที่ท้องฟ้าโปร่งใส มีเมฆบ้างเป็นครั้งคราว ทำให้พลังงานรังสีรวมประจำวันมีค่ามาก

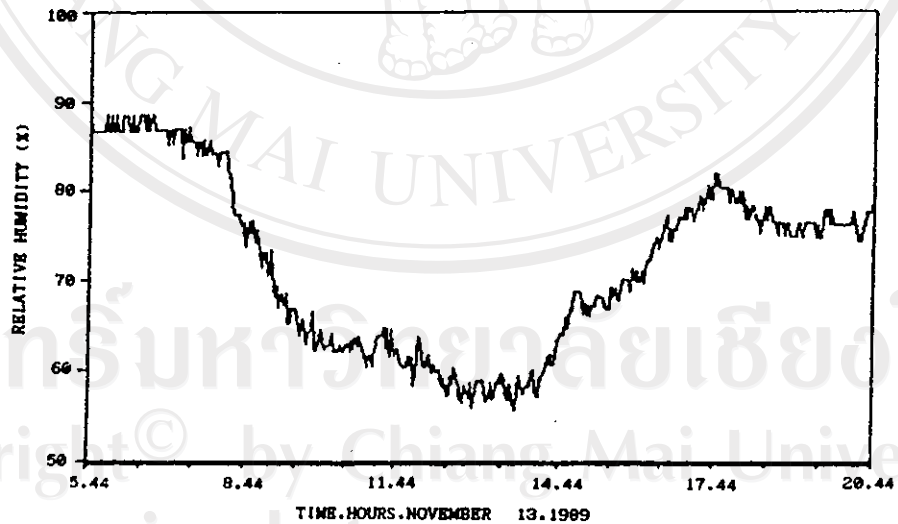


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.4 ในช่วงเวลาเช้าการสะสมความร้อนภายในโรงเรือนค่อย ๆ เพิ่มขึ้น แต่ในตอนเย็นการสะสมความร้อนจะลดลง และอุณหภูมิสูงสุดในเวลาประมาณ 13:20 น. ซึ่งอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกประมาณ 8.5°C

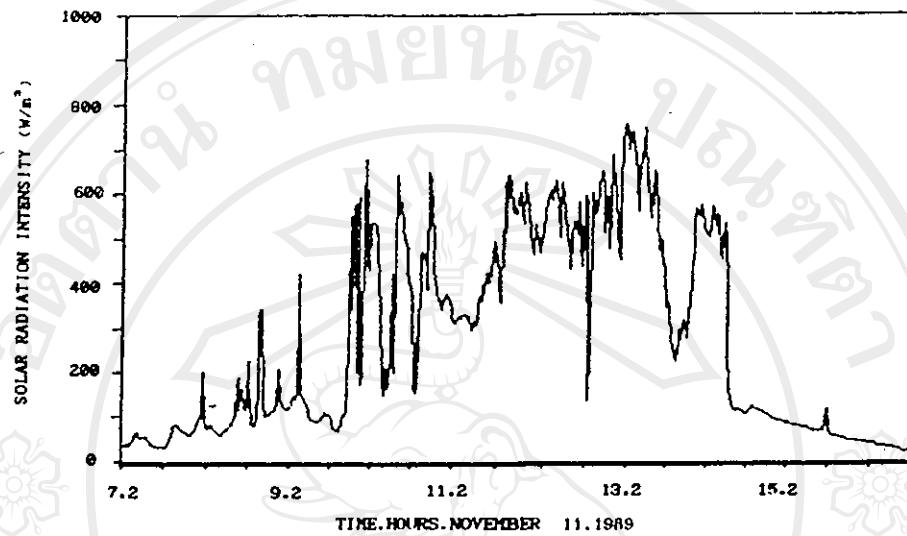


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงควมชื้นภายนอกโรงเรือน



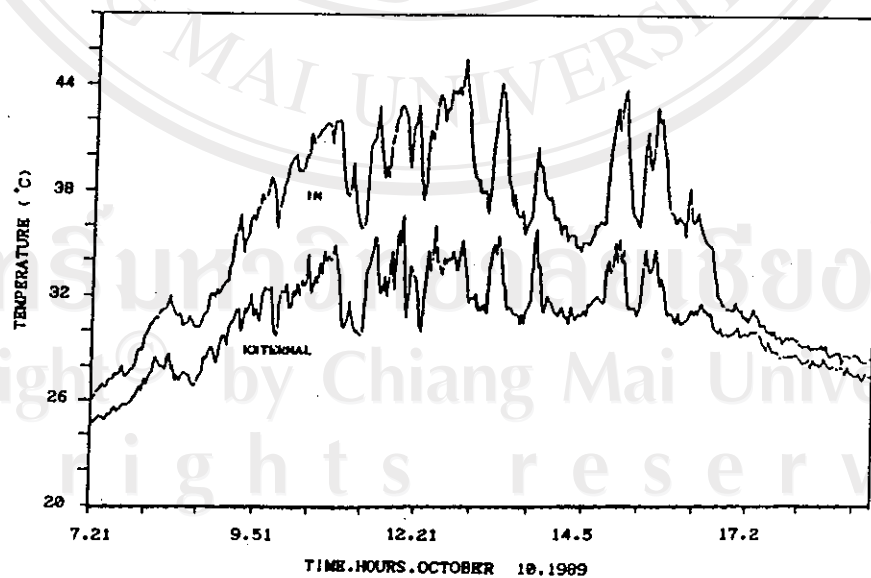
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงควมชื้นภายในโรงเรือน

จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 ในตอนใกล้รุ่งควมชื้นภายในและนอกเกือบเท่ากัน ในช่วงเวลาเช้าควมชื้นมีค่าสูงและควมชื้นภายในต่ำกว่าภายนอก และจะลดลงจนต่ำสุดในเวลาประมาณ 13:20 น. ซึ่งควมชื้นภายในเริ่มมีค่าสูงกว่าภายนอกสำหรับควมชื้นภายนอกที่เพิ่มและลดลงอย่างรวดเร็ว มีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงควมชื้นภายในโรงเรือน



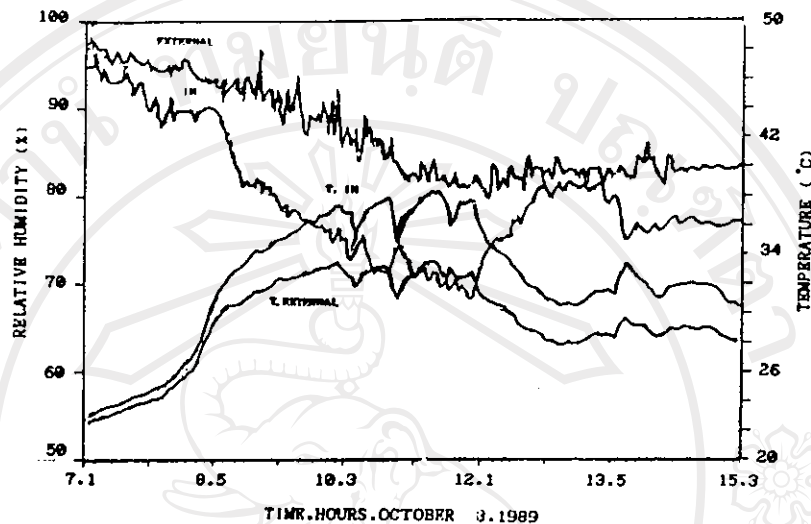
รูปที่ 4.7 การแสดงถึงความเข้มแสงแดด (ท้องฟ้ามีเมฆมาก)

จากรูปที่ 4.7 วันที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก ทำให้พลังงานรังสีรวมประจำวันมีค่าน้อย



รูปที่ 4.8 การแสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.8 อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเมฆเคลื่อนที่มาบังแสงแดดเป็นช่วง ๆ



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับอุณหภูมิ

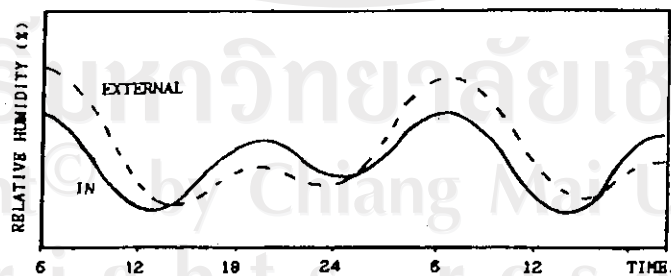
จากรูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับอุณหภูมิ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน เมื่ออุณหภูมิมีค่าต่ำความชื้นจะสูง

สรุปผลการทดลอง

1. วันที่อากาศโปร่งใส ความเข้มแสงแดดจะมีค่าเริ่มจากศูนย์ในตอนเช้ามืด เมื่อได้รับแสงแดดจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากรูปที่ 4.3 ในช่วงเวลาตั้งแต่ประมาณ 8.30 น. โรงเรือนไม่มีสิ่งบังแสงแดด ความเข้มแสงแดดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงสุดในช่วงเที่ยง ซึ่งมีประมาณ $700 - 800 \text{ W/m}^2$ หลังจากนั้นก็เริ่มลดลง และในช่วงเวลาประมาณ 14:00 น. เงาของตัวอาคารมาบังโรงเรือน ทำให้ความเข้มแสงแดดลดลงทันที และจะลดลงเป็นศูนย์เมื่อตอนใกล้ค่ำ ในช่วงที่ได้รับแสงแดดเมื่อมีเมฆเคลื่อนที่มาบังแสงแดด ก็ทำให้ความเข้มแสงแดดลดลงอย่างรวดเร็ว สาเหตุที่ความเข้มแสงแดดมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และจะสูงสุดประมาณเที่ยงวันเพราะโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี ในรอบวันหนึ่งระยะทางจากดวงอาทิตย์ถึงโลกจะใกล้ที่สุดในตอนเที่ยงและในตอนเที่ยงลำแสงตกกระทบถึงโลกเป็นลำแสงตรงมากที่สุด ซึ่งความเข้มแสงแดดมีผลต่ออุณหภูมิภายนอกโรงเรือนโดยตรง ส่วนอุณหภูมิภายในโรงเรือนมีผลน้อยกว่าภายนอกโรงเรือนในเวลาที่ความเข้มแสงแดดเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว การทดลองครั้งนี้ความเข้มแสงแดดภายในประมาณเท่ากับภายนอก เนื่องจากใช้พลาสติกใสปกคลุมโรงเรือนและไม่มีการทาลงแสง

2. อุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ เพราะพลังงานรังสีความร้อนที่โรงเรือนหรือโลกได้รับมีมากกว่าที่คายออกมา อุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นพลังงานความร้อนของรังสีคลื่นยาวยิ่งมาก จนกระทั่งปริมาณความร้อนที่รับเท่ากับที่คายออก (ตอนนี้จะเกิดสมดุลพลังงานขึ้นใหม่ในระดับที่อุณหภูมิสูงขึ้น ในช่วงเวลาประมาณ 14:00 น.) หลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงจนถึงกลางคืน เนื่องจากพลังงานที่ได้รับน้อยกว่าที่คายออกมา ในช่วงฝนเริ่มตก อุณหภูมิจะลดลงหรือคงที่ หลังจากนั้นอุณหภูมิก็กเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากความร้อนส่วนหนึ่งถูกใช้ไปเป็นความร้อนแฝงของการระเหยกลายเป็นไอ จนกระทั่งอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำอุณหภูมิจะคงที่อีกครั้งหนึ่ง ในวันที่ท้องฟ้าโปร่งใสหากมีเมฆเคลื่อนที่มายังดวงอาทิตย์จะทำให้อุณหภูมิลดลง เนื่องจากรังสีคลื่นสั้นและรังสีคลื่นยาวที่โรงเรือนหรือโลกได้รับน้อยลง อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนไม่ว่ากรณีใด ๆ เพราะเมื่อรังสีคลื่นสั้นตกกระทบโรงเรือนจะมีส่วนหนึ่งสะท้อน บางส่วนถูกดูดกลืนโดยพื้นและโรงเรือน และถูกเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อนของคลื่นยาวเข้าไปในโรงเรือนอีกครั้ง ดังสมการที่ (2.45) และ (2.46) นอกจากนี้โมเลกุลของอากาศภายในโรงเรือนถูกปิดล้อมด้วยโรงเรือน ทำให้โมเลกุลของอากาศไม่ได้ถ่ายเทระหว่างภายนอกกับภายในโรงเรือน โมเลกุลของอากาศจึงสะสมพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และลดลงเมื่อความร้อนที่ได้รับน้อยกว่าที่คายออกมา ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

3. ความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนจะมีค่าผันผวนกับอุณหภูมิ ในวันที่ท้องฟ้าโปร่งใสความชื้นมีค่าสูงในตอนเช้าแล้วลดลงต่ำสุดในช่วงเวลา 12:00 - 14:00 น. และมีค่าเพิ่มขึ้นอีกในตอนเย็น ความสัมพันธ์ของความชื้นระหว่างภายในและภายนอกโรงเรือนแสดงได้ดังรูปที่ 4.10



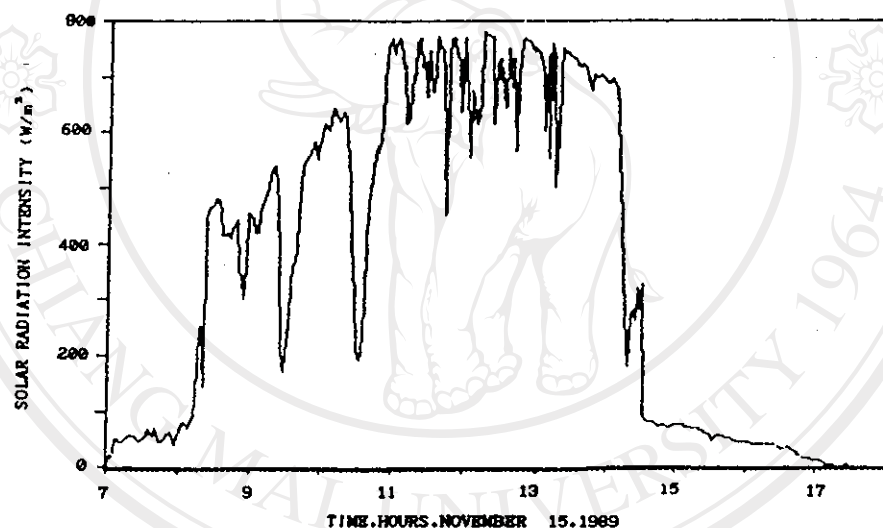
รูปที่ 4.10 การแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นภายในกับภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.10 ในวันที่ท้องฟ้าโปร่งใสหรือมีเมฆบ้าง ในช่วงเช้าถึงบ่ายความชื้นภายในจะมีค่าต่ำกว่าภายนอกโรงเรือน และในช่วงบ่ายถึงเที่ยงคืนความชื้นภายในจะสูงกว่าภายนอก เนื่องจากภายในโรงเรือนอากาศมีปริมาตรจำกัด ดังนั้นความดันไอน้ำจึงมีน้อยกว่าภายนอกเป็นเหตุให้ความชื้นภายในสูงกว่าภายนอกถึงแม้ว่าอุณหภูมิภายในจะสูงกว่าภายนอกก็ตาม

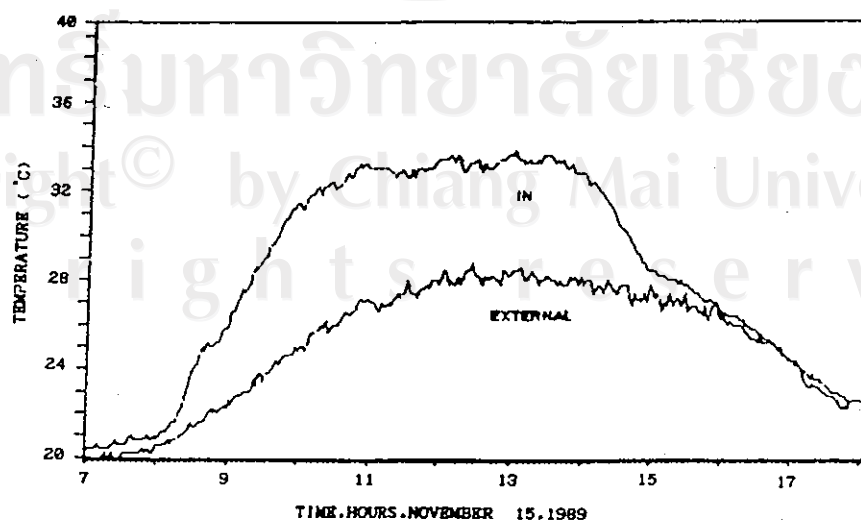
4.2 ความเข้มแสงแดด อุณหภูมิและความชื้นเมื่อหลังคาเปียกขึ้น

จากผลการทดลองที่ 4.1 อุณหภูมิภายในมีค่ามากกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนตลอดเวลา เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในให้ใกล้เคียงกับภายนอก จึงใช้วิธีฉีดน้ำบนหลังคาให้เปียกขึ้น ซึ่งมีวิธีการทดลองดังแสดงไว้ในโปรแกรมที่ 2 (ผังงานหน้า 35 รายละเอียดโปรแกรมหน้า 99)

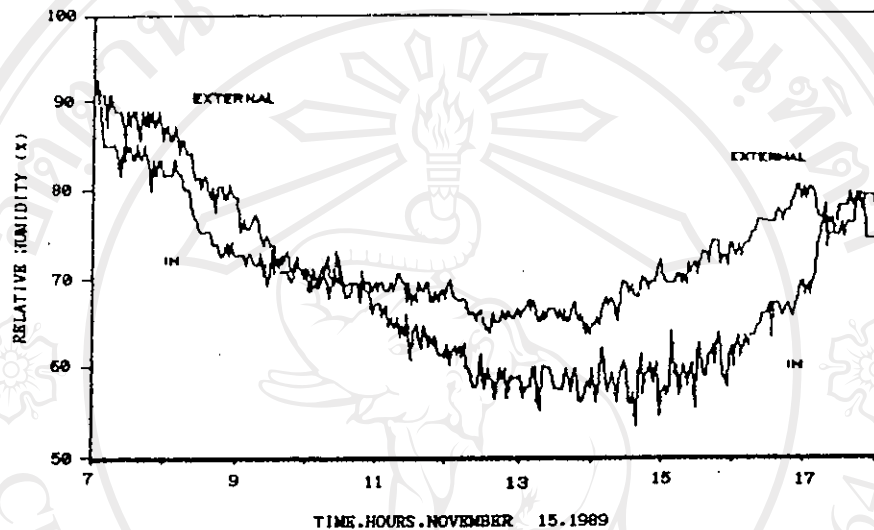
ผลการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.11-4.13 ดังนี้คือ



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความเข้มแสงแดด



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือน



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือน

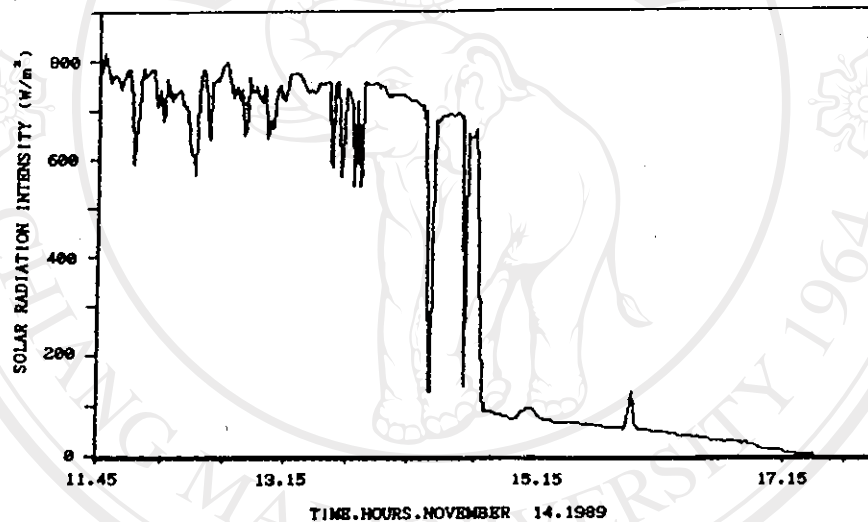
สรุปผลการทดลอง

1. อุณหภูมิสูงสุดภายในโรงเรือนลดลงได้ประมาณ 2- 4°C ของอุณหภูมิสูงสุดเมื่อหลังคาแห้ง
2. การฉีบน้ำบนหลังคาให้เปียกชื้น ช่วยลดพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่มาถึงผิวภายนอกโรงเรือน โดยพลังงานความร้อนส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนเป็นความร้อนแฝงของการระเหยของละอองน้ำและช่วยลดพลังงานความร้อนจากรังสีคลื่นยาวของพื้น หลังคาและด้านข้างแต่ลดได้ไม่มาก
3. ความชื้นเปลี่ยนแปลงไปตามกฎของความชื้นสัมพัทธ์ ดังการทดลองที่ 4.1
4. ความเข้มแสงแดดในรูปที่ 4.11 เส้นกราฟที่ลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีต้นไม้อและตัวอาคารบังแสงแดด

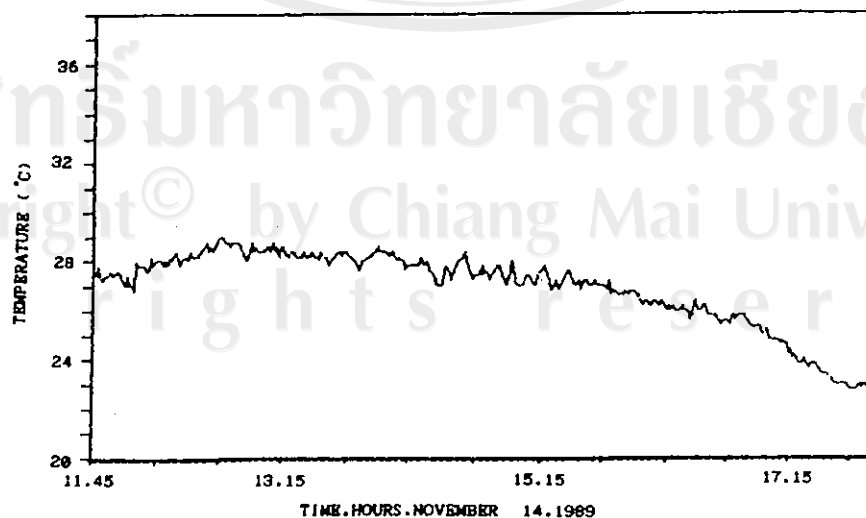
4.3 การลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นเมื่อพลังงานหัก

จากการทดลองที่ 4.2 การลดอุณหภูมิโดยวิธีฉีดน้ำบนหลังคาให้เปียกชื้น ไม่สามารถทำให้ อุณหภูมิภายในลดลง เข้าใกล้อุณหภูมิภายนอกได้ จึงทดลองใช้วิธีฉีดน้ำภายในโรงเรือนเพื่อศึกษาการ ลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้น สำหรับวิธีการทดลองดังแสดงไว้ในโปรแกรมที่ 3 (ผังทำงานหน้า 36 รายละเอียดโปรแกรมหน้า 100)

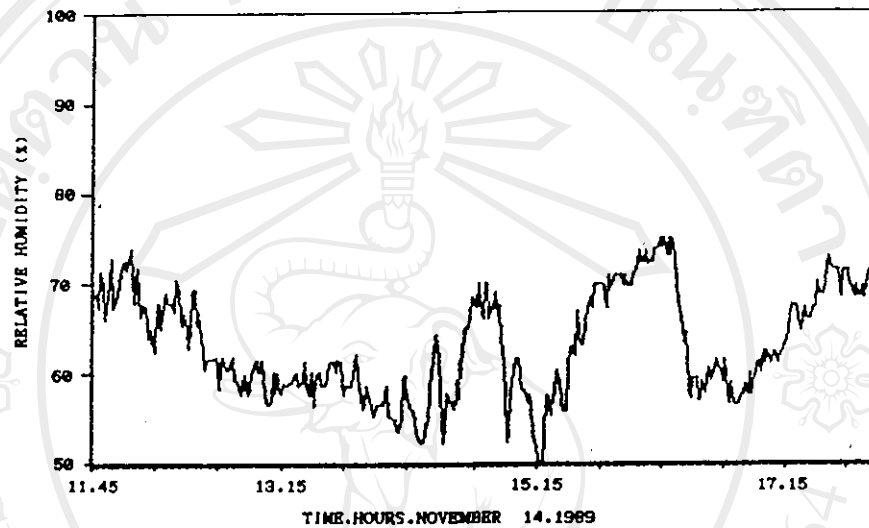
ผลการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.14-4.20 ดังนี้คือ



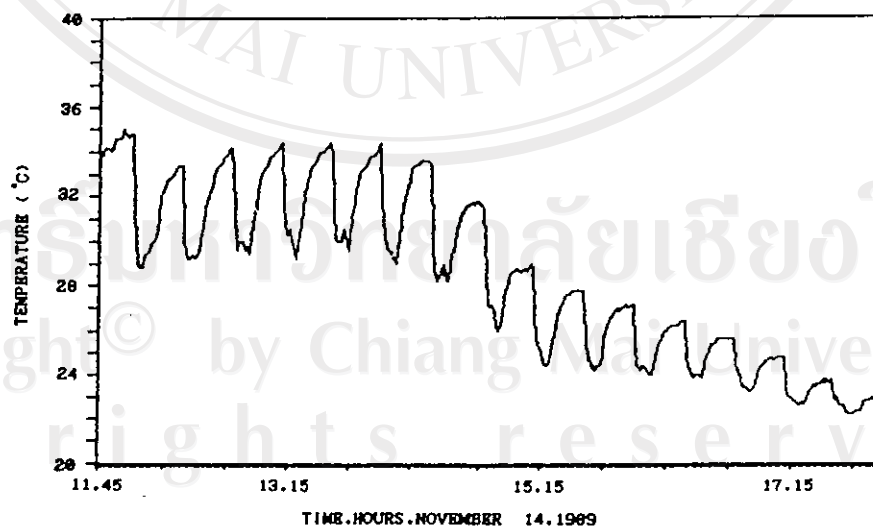
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความเข้มแสงแดด



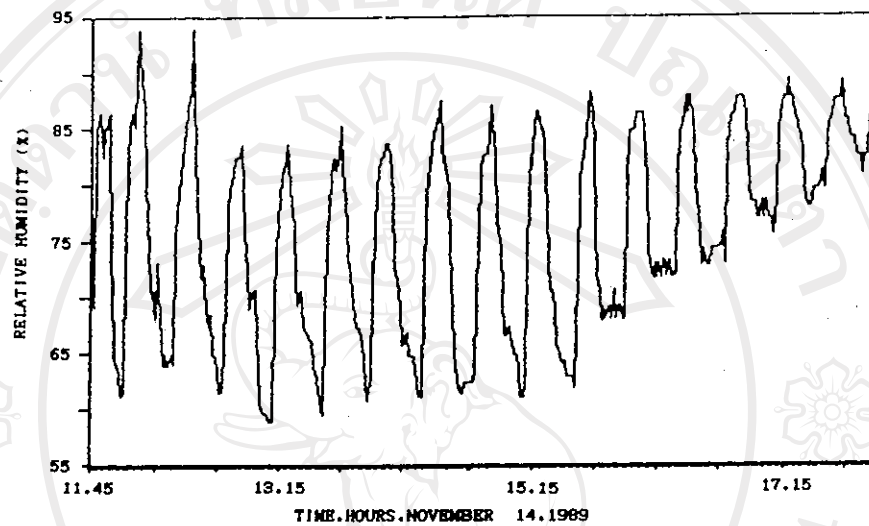
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือน



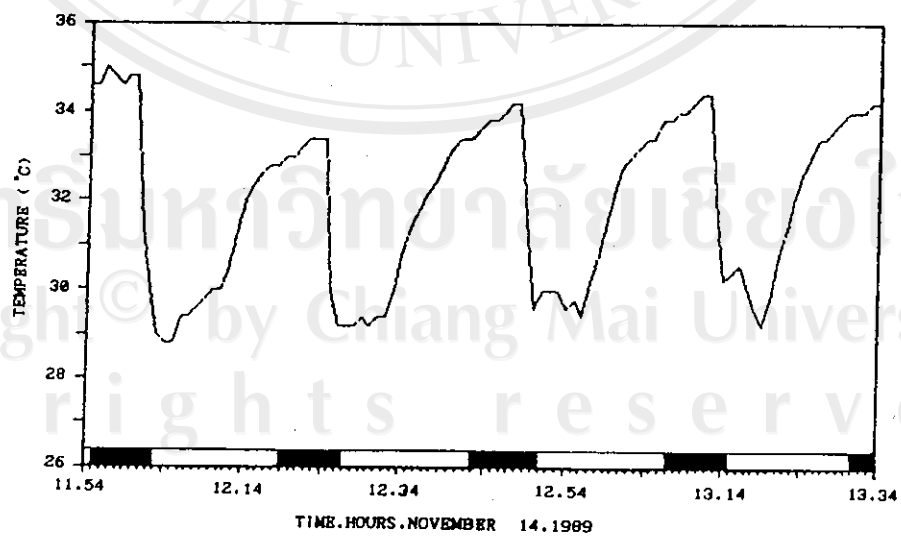
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความชื้นภายนอกโรงเรียน



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการลดและเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรียน



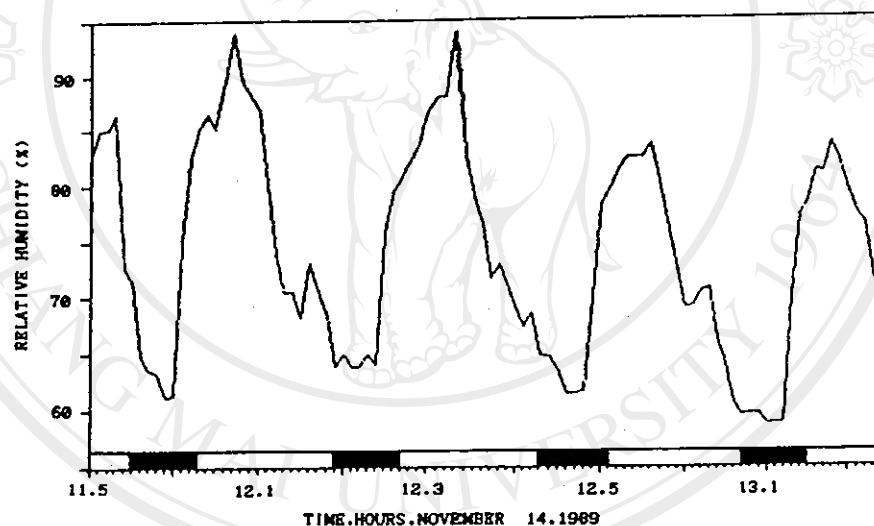
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการลดและเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการลดและเพิ่มอุณหภูมิ ใช้น้ำภายในโรงเรือน

จากรูปที่ 4.19 กราฟแสดงการลดและเพิ่มอุณหภูมิ แบ่งตามเวลาและผลที่ได้

- | | | |
|------|------|--|
| 1-4 | นาที | เริ่มฉีดน้ำ อุณหภูมิไม่ลดลงทันทีแต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หรือคงที่ |
| 4-8 | นาที | อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วจนต่ำสุดหรือเกือบต่ำสุด |
| 1-4 | นาที | หยุดฉีดน้ำ อุณหภูมิคงที่หรือลดลง |
| 4-8 | นาที | อุณหภูมิเพิ่มขึ้นช้า ๆ |
| 8-16 | นาที | อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว |



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการลดและเพิ่มความชื้น ■■■■■ ฉีดน้ำภายในโรงเรือน

จากรูปที่ 4.20 กราฟแสดงการลดและเพิ่มความชื้น แบ่งตามเวลาและผลที่ได้ดังนี้

- | | | |
|------|------|---|
| 1-4 | นาที | เริ่มฉีดน้ำ ความชื้นจะลดลงหรือคงที่ |
| 4-8 | นาที | ความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว |
| 1-4 | นาที | หยุดฉีดน้ำ ความชื้นเพิ่มขึ้นจนสูงสุดหรือเกือบสูงสุด |
| 4-8 | นาที | ความชื้นเพิ่มขึ้นจนสูงสุดหรือคงที่ |
| 8-16 | นาที | ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วจนต่ำสุดหรือเกือบต่ำสุด |

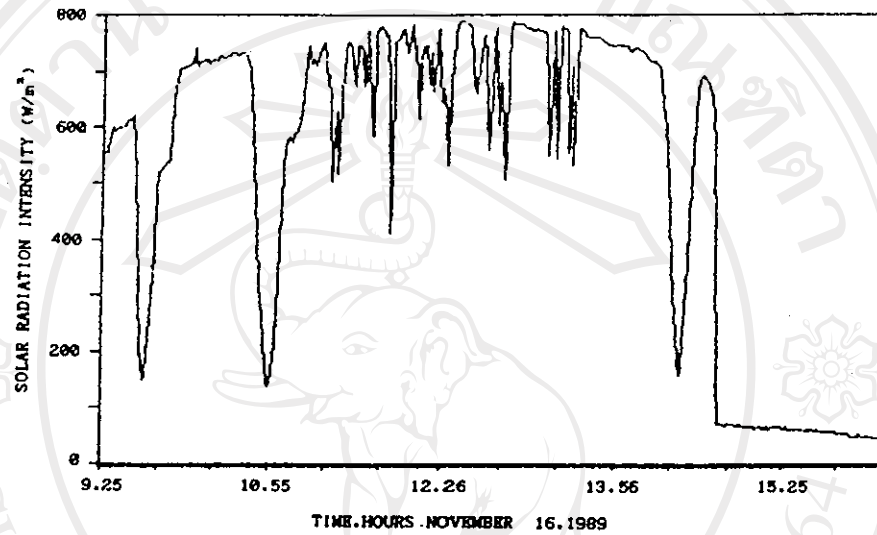
สรุปผลการทดลอง

1. จากรูปที่ 4.17 และ 4.19 เมื่อฉีดน้ำภายในโรงเรือน ในช่วงเวลา 1-4 นาที จะไม่สามารถทำให้อุณหภูมิลดลงได้ทันที แต่เมื่อฉีดน้ำอย่างต่อเนื่อง 8 นาที อุณหภูมิจะลดต่ำลงได้ เกือบเท่ากับอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน ซึ่งมีค่าสูงกว่าภายนอกไม่เกิน 2°C
2. จากรูปที่ 4.19 เมื่อเริ่มหยุดฉีดน้ำอุณหภูมิยังลดลงหรือคงที่ แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหลังจากหยุดฉีดน้ำเป็นเวลา 4 นาที จนถึงนาทีที่ 8 อุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
3. จากรูปที่ 4.18 และ 4.20 เมื่อเริ่มฉีดน้ำ 1-4 นาที ความชื้นลดลงหรือคงที่ แต่หลังจากนั้นเล็กน้อย ความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเริ่มหยุดฉีดน้ำความชื้นยังเพิ่มขึ้นและจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากหยุดฉีด 8 นาที ซึ่งลดลงเกือบเท่ากับค่าความชื้นภายนอกโรงเรือน
4. การเพิ่มและลดอุณหภูมิและความชื้นเปลี่ยนแปลงจากเดิมได้มากหรือน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นภายนอกโรงเรือน

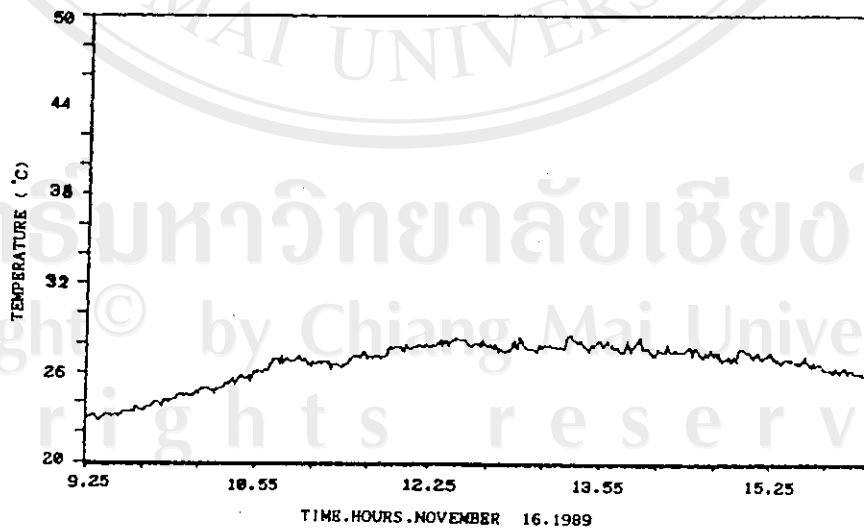
4.4 การลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้น เมื่อหลังคาเปียกและระบายอากาศตามธรรมชาติ

จากการทดลองที่ 4.3 การลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้น ไม่สามารถกระทำได้ทันทีทันใด ต้องใช้เวลาประมาณ 4 นาที ในการทดลองนี้ เพื่อศึกษาการลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้น เมื่อหลังคาเปียกขึ้นตลอดการทดลอง และระบายอากาศตามธรรมชาติโดยมีวิธีการทดลองดังแสดงไว้ในโปรแกรมที่ 4 (ผังงานหน้า 37 รายละเอียดโปรแกรมหน้า 101)

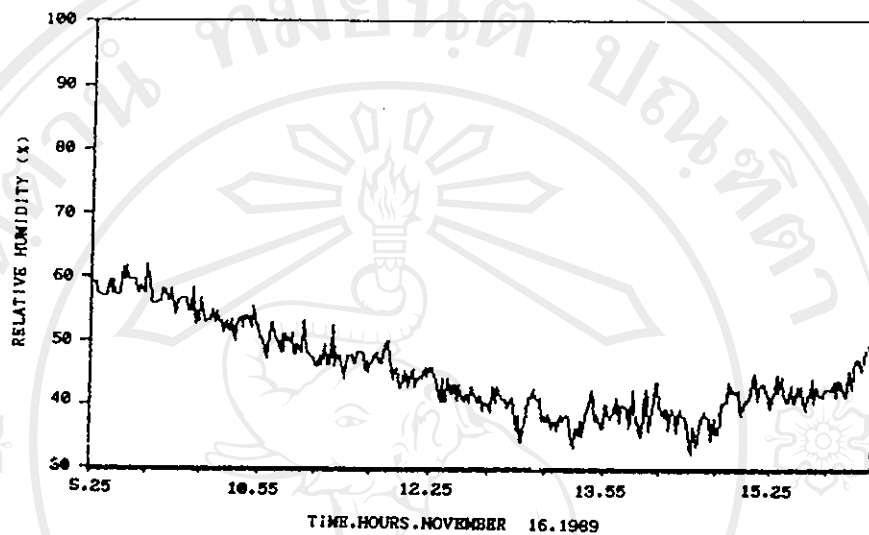
ผลการทดลอง แสดงไว้ในรูปที่ 4.23-4.27 ดังนี้คือ



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความเข้มแสงแดด (ท้องฟ้าโปร่งใส)

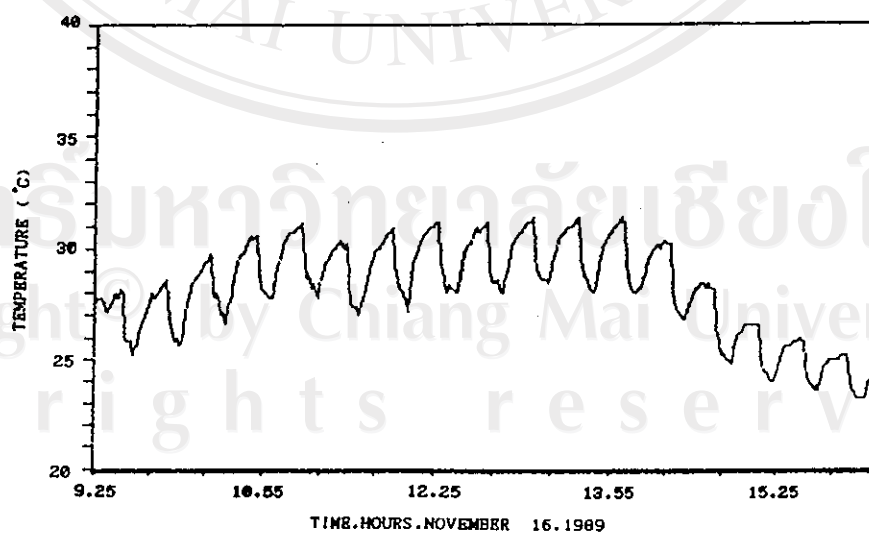


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงอุณหภูมิภายนอกโรงเรียน



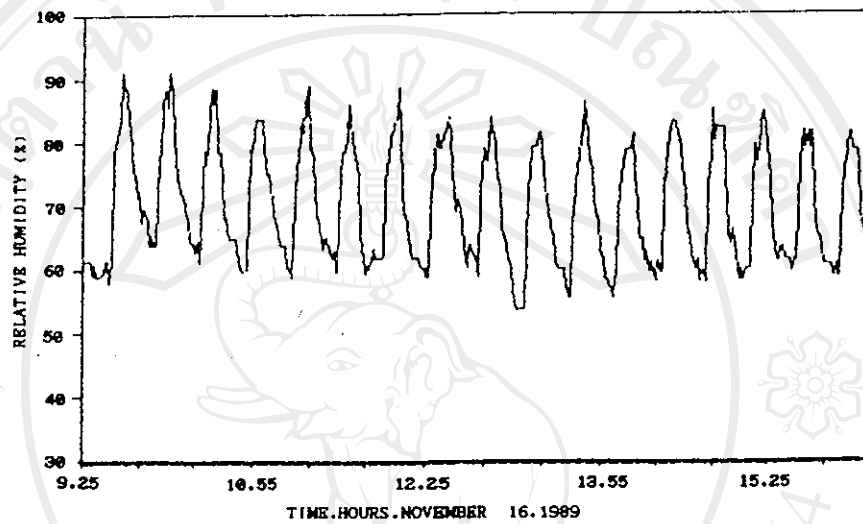
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความชื้นภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.23 ความชื้นภายนอกโรงเรือนเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้า ๆ



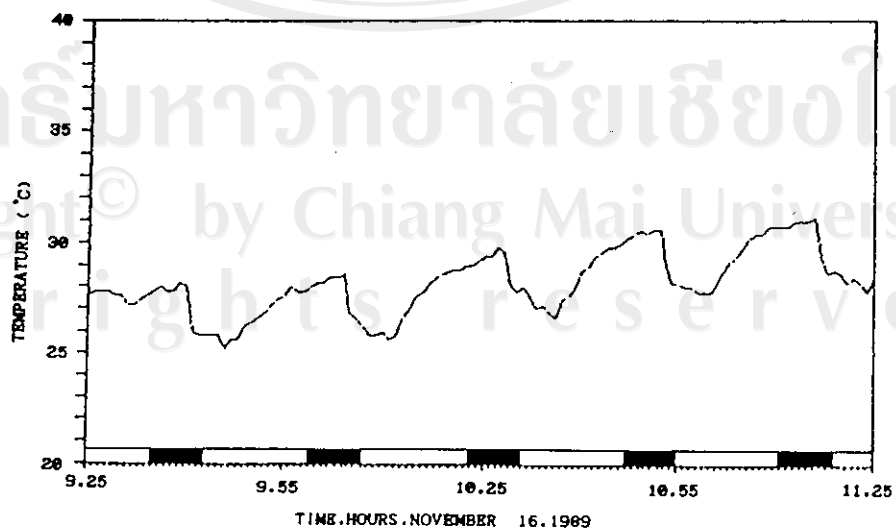
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือน

จากรูปที่ 4.24 อุณหภูมิจะเพิ่มและลดลงอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความชื้นภายในโรงเรือน

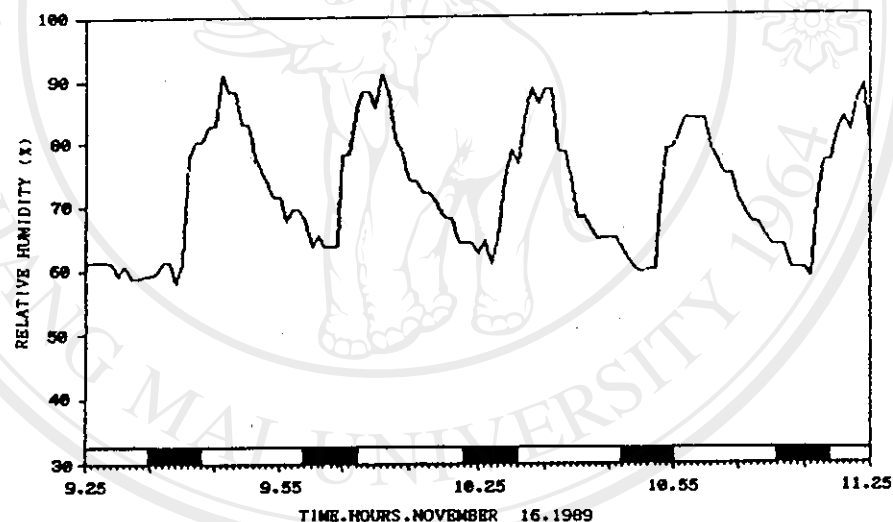
จากรูปที่ 4.25 ความชื้นจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการลดและเพิ่มอุณหภูมิ ฉีบน้ำในโรงเรือน

จากรูปที่ 4.26 กราฟแสดงการลดและเพิ่มอุณหภูมิ แบ่งตามเวลาและผลที่ได้

- | | | |
|------|------|--|
| 1-4 | นาที | ฉีดน้ำ อุณหภูมิไม่ลดลงทันที แต่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หรือคงที่ |
| 4-8 | นาที | อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วจนต่ำสุด หรือเกือบคงที่ |
| 1-4 | นาที | หยุดฉีดน้ำ อุณหภูมิคงที่ หรือลดลง |
| 4-8 | นาที | อุณหภูมิลดลง ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น |
| 8-16 | นาที | อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว |



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการลดและเพิ่มความชื้น ฉีดน้ำในโรงเรือน

จากรูปกราฟแสดงการเพิ่มและลดความชื้นภายในโรงเรือน แบ่งตามเวลาและผลที่ได้

- | | | |
|------|------|---|
| 1-4 | นาที | ฉีดน้ำ ความชื้นจะลดลงหรือคงที่ |
| 4-8 | นาที | ความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว |
| 1-4 | นาที | หยุดฉีดน้ำ ความชื้นเพิ่มขึ้นจนสูงสุดหรือเกือบสูงสุด |
| 4-8 | นาที | ความชื้นเพิ่มขึ้นจนสูงสุดหรือคงที่ |
| 8-16 | นาที | ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วจนต่ำสุดหรือเกือบต่ำสุด |

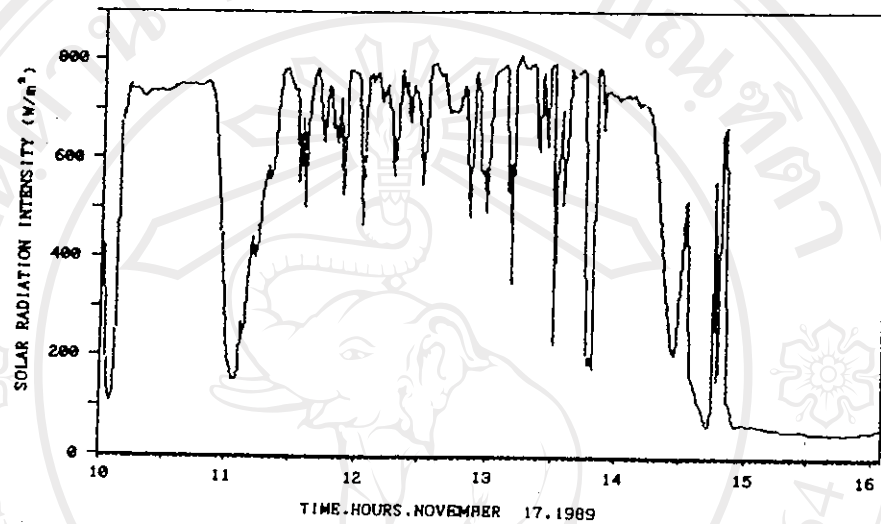
สรุปผลการทดลอง

1. จากรูปที่ 4.23 และ 4.26 เมื่อฉีดน้ำภายในโรงเรือน ในช่วงเวลา 1-4 นาที จะไม่สามารถทำให้อุณหภูมิลดลงได้ทันที แต่เมื่อฉีดน้ำอย่างต่อเนื่อง 8 นาที อุณหภูมิจะลดต่ำลงได้ เกือบเท่ากับอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน ซึ่งมีค่าสูงกว่าภายนอกไม่เกิน 2°C
2. จากรูปที่ 4.26 เมื่อเริ่มหยุดฉีดน้ำอุณหภูมิยังลดลงหรือคงที่ แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหลังจากหยุดฉีดน้ำเป็นเวลา 4 นาที จนถึงนาทีที่ 8 อุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
3. จากรูปที่ 4.25 และ 4.27 เมื่อเริ่มฉีดน้ำ 1-4 นาที ความชื้นลดลงหรือคงที่ แต่หลังจากนั้นเล็กน้อย ความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเริ่มหยุดฉีดน้ำความชื้นยังเพิ่มขึ้นและจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากหยุดฉีด 8 นาทีและลดลงได้ต่ำแต่มีค่าสูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก ประมาณ 5-15 % หลังจากหยุดฉีด 16 นาที
4. การเพิ่มและลดอุณหภูมิและความชื้นเปลี่ยนแปลงจากเดิมได้มากหรือน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นภายนอกโรงเรือน และการลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้น ยังไม่สามารถกระทำได้ทันทีทันใดเหมือนการทดลองที่ 4.3

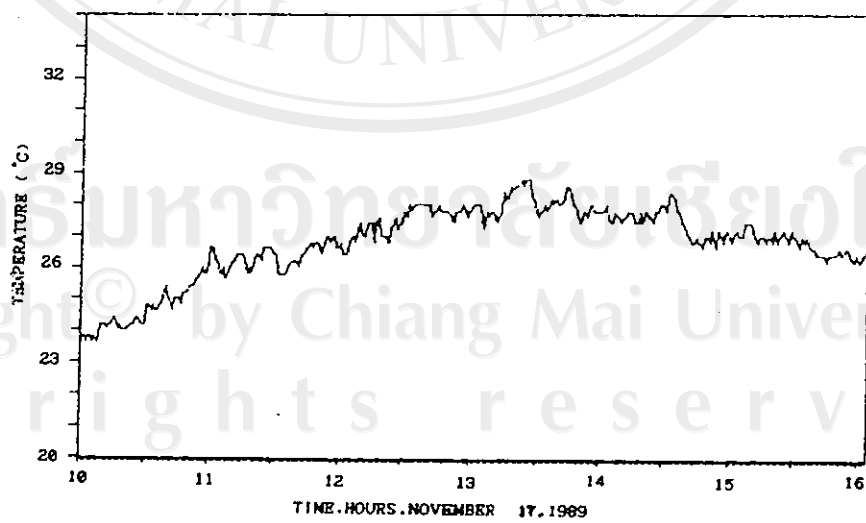
4.5 การลดและเพิ่มอุณหภูมิและความชื้น เมื่อหลังคาเปิดและระบายอากาศ

จากการทดลองที่ 4.4 การลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้น ไม่สามารถกระทำได้ทันทีทันใด ดังเช่นการทดลองที่ 4.3 ดังนั้นในการทดลองนี้ได้ศึกษาการลดและการเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นเมื่อหลังคาเปิดและระบายอากาศ โดยเปิดพัดลมระบายอากาศในขณะเวลาหยุดฉีดน้ำภายในโรงเรือน ซึ่งมีวิธีการทดลองดังแสดงไว้ในโปรแกรมที่ 4 (ผังงานหน้า 37 รายละเอียดโปรแกรมหน้า 101)

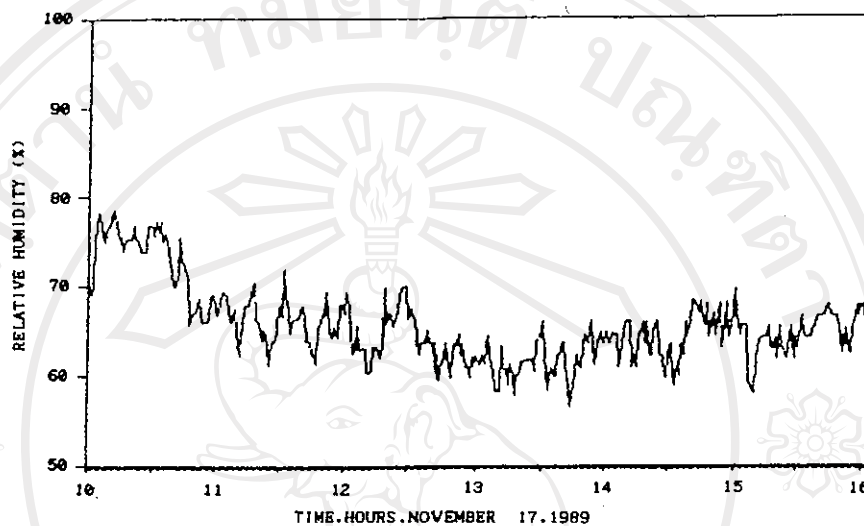
ผลการทดลอง แสดงไว้ในรูปที่ 4.28-4.34 ดังนี้คือ



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความเข้มแสงแดด (มีเมฆบ้าง)

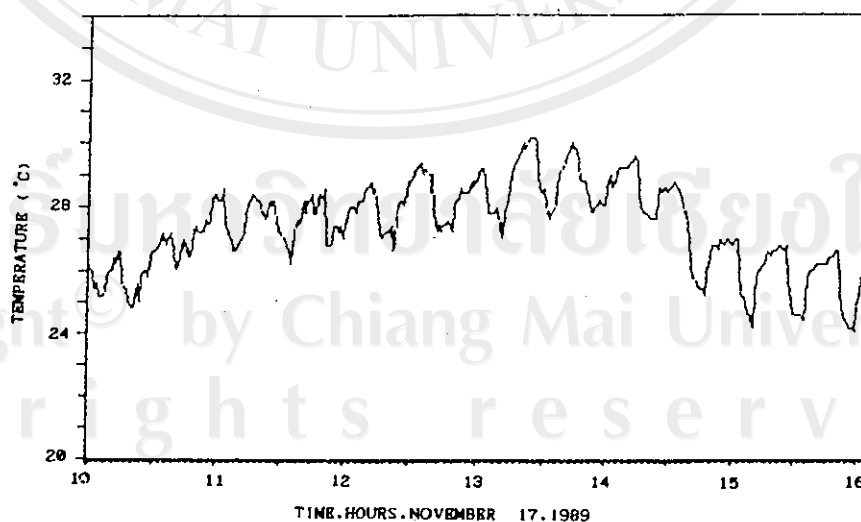


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงอุณหภูมิภายนอกโรงเรียน



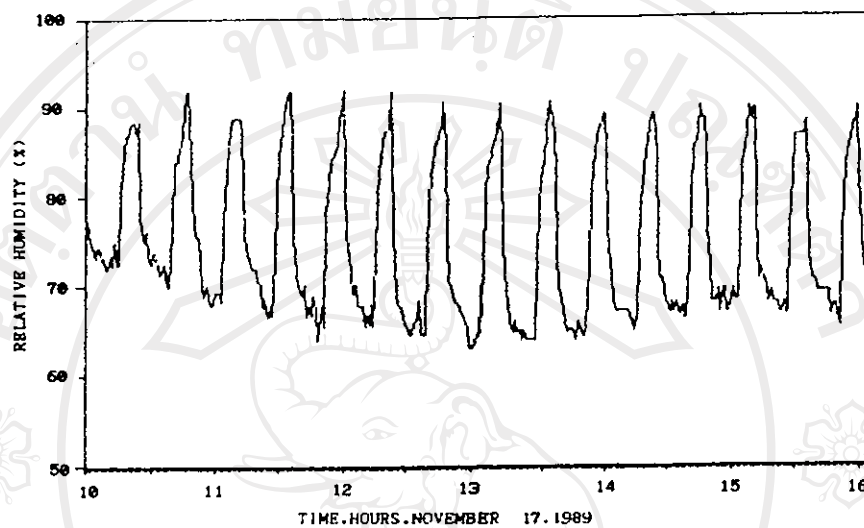
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความชื้นภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.30 ความชื้นจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว



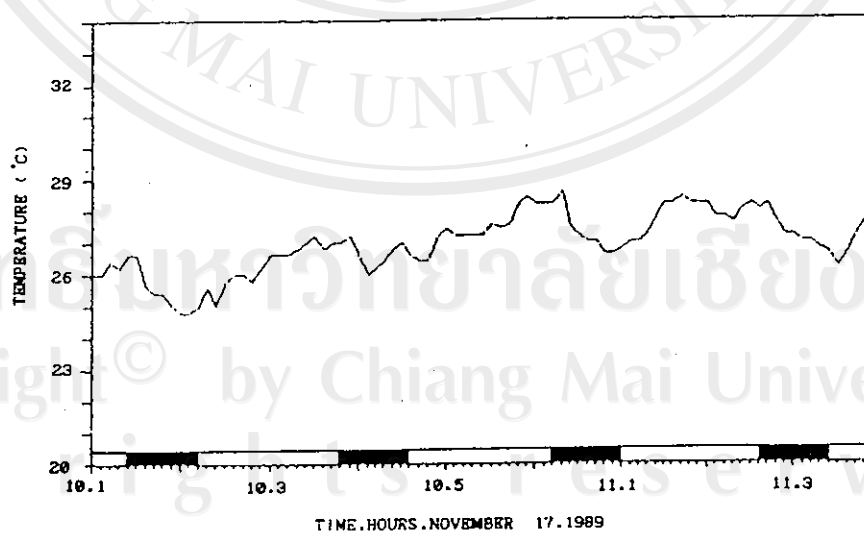
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือน

จากรูปที่ 4.31 อุณหภูมิภายในจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อหยุดรดน้ำในโรงเรือน



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความชื้นภายในโรงเรือน

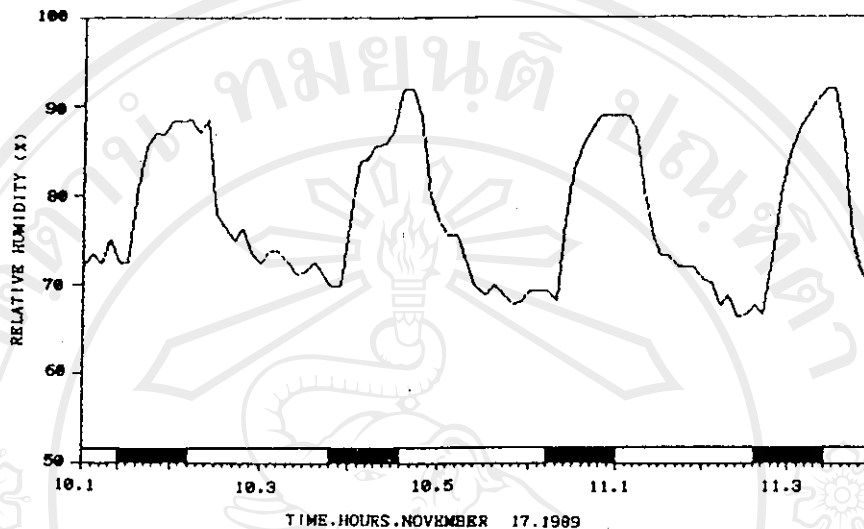
จากรูปที่ 4.32 ความชื้นจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงการลดและเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือน

■ ลดน้ำในโรงเรือน □ หยดน้ำในโรงเรือน

จากรูปที่ 4.33 การเพิ่มอุณหภูมิเมื่อเปิดพัดลมระบายอากาศ จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ



รูปที่ 4.34 การแสดงการลดและเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน

น้ำในโรงเรือน หยดน้ำพร้อมเปิดพัดลมระบายอากาศ

จากรูปที่ 4.34 การลดและเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน แบ่งตามเวลาและผลที่ได้

- | | |
|------------|---|
| 1-2 นาที | น้ำในโรงเรือน ความชื้นจะคงที่หรือเพิ่มขึ้น |
| 2-4 นาที | ความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนสูงสุดหรือเกือบสูงสุด |
| 4-8 นาที | ความชื้นจะคงที่หรือเพิ่มขึ้นจนสูงสุด |
| 1-2 นาที | หยดน้ำพร้อมเปิดพัดลมระบายอากาศ ความชื้นจะคงที่ |
| 2-4 นาที | ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว |
| 4-12 นาที | ความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ |
| 12-16 นาที | ความชื้นจะลดลงจนต่ำสุดหรือเกือบคงที่ |

สรุปผลการทดลอง

1. จากรูปที่ 4.31 และ 4.33 เมื่อน้ำภายในโรงเรือน ในช่วงเวลา 1-2 นาที อุณหภูมิจะเริ่มลดลงหรือคงที่ และเมื่อน้ำอย่างต่อเนื่อง 8 นาที อุณหภูมิจะลดต่ำลงได้สูงกว่าภายนอกประมาณไม่เกิน 1°C และลดต่ำสุดได้ต่ำกว่าภายนอกประมาณ 2°C

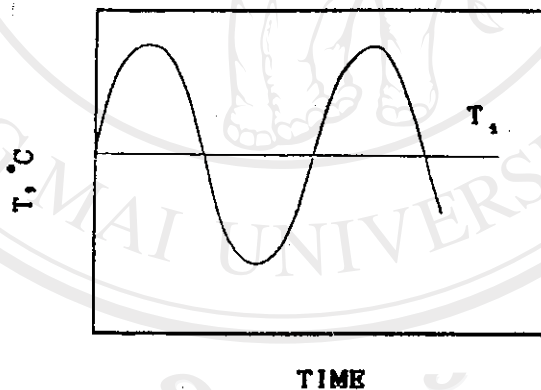
2. จากรูปที่ 4.32 และ 4.34 เริ่มน้ำ 1-2 นาที ความชื้นคงที่หรือเพิ่มขึ้นหลังจาก จากนั้นเล็กน้อยความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเริ่มหยดน้ำพร้อมเปิดพัดลมระบายอากาศ

ความชื้นจะคงที่แล้วลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากหยุดฉีดน้ำ 2-4 นาที และจะลดลงได้ต่ำเกือบเท่ากับความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือนหลังจากที่หยุดฉีดน้ำ 16 นาที

3. การลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสามารถกระทำได้เกือบทันทีทันใด ซึ่งมีเวลาการตอบสนองของการเพิ่มความชื้นเท่ากับ 8 นาที และเวลาการตอบสนองของการลดความชื้นเท่ากับ 16 นาที

4.6 การควบคุมอุณหภูมิ

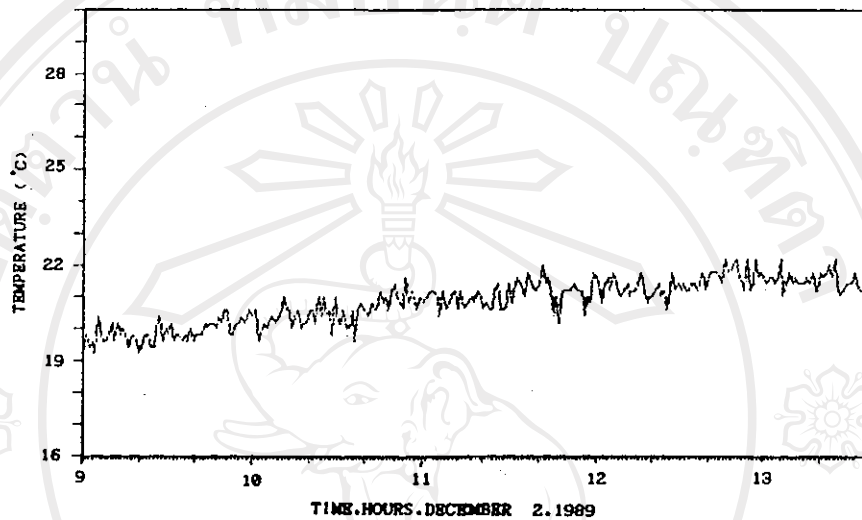
การทดลองนี้เลือกใช้การทดลองที่ 4.3 เป็นแนวทางในการควบคุมอุณหภูมิโดยดัดแปลงวิธีการทดลองให้เหมาะสม ซึ่งมีวิธีการทดลองดังแสดงไว้ในโปรแกรมที่ 5 (ผังงานหน้า 38 รายละเอียดโปรแกรมหน้า 103) หรือแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.35



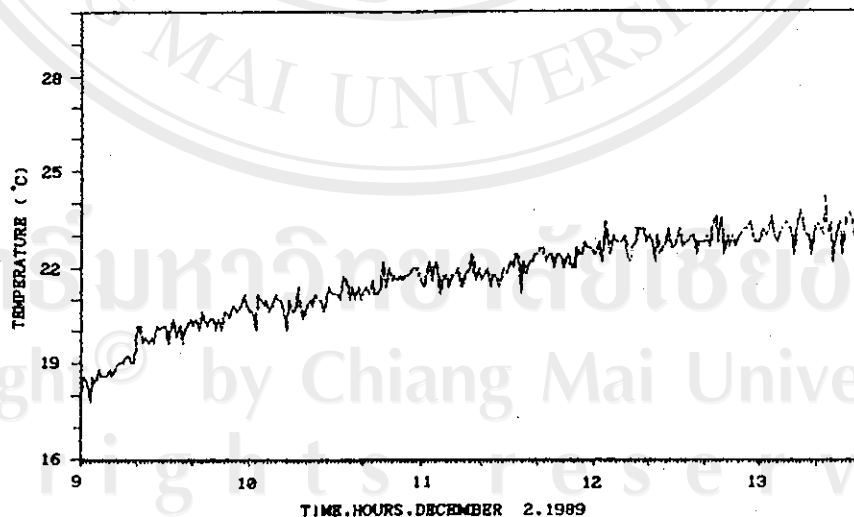
รูปที่ 3.35 กราฟแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ

จากรูปที่ 3.35 T_s คือระดับอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมหรืออุณหภูมิที่กำหนด เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือน (T) เพิ่มขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิที่กำหนด ($T > T_s$) หัวฉีดน้ำภายในโรงเรือนจะทำงาน และถ้าอุณหภูมิลดลงต่ำกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิที่กำหนด ($T \leq T_s$) หัวฉีดน้ำภายในโรงเรือนจะหยุดทำงาน

ผลการทดลอง แสดงไว้ในรูปที่ 4.36-4.42 ดังนี้คือ

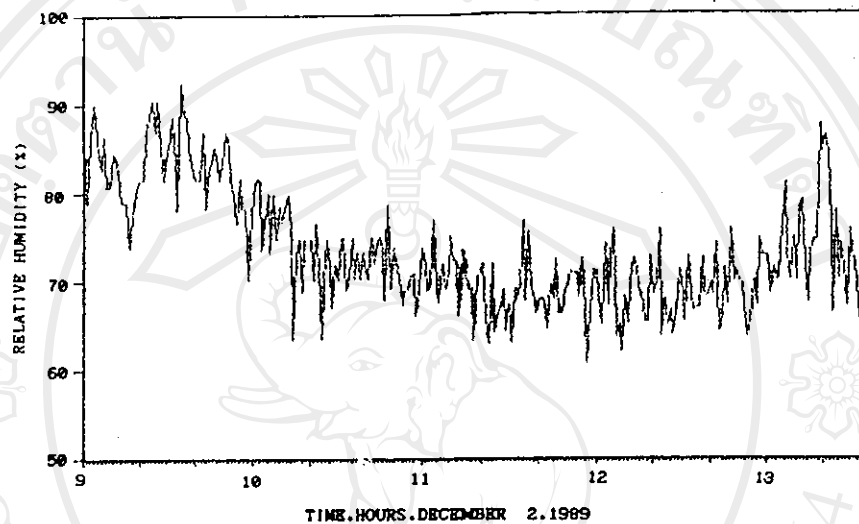


รูปที่ 4.36 การแสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือน, $T_i = 21^{\circ}\text{C}$



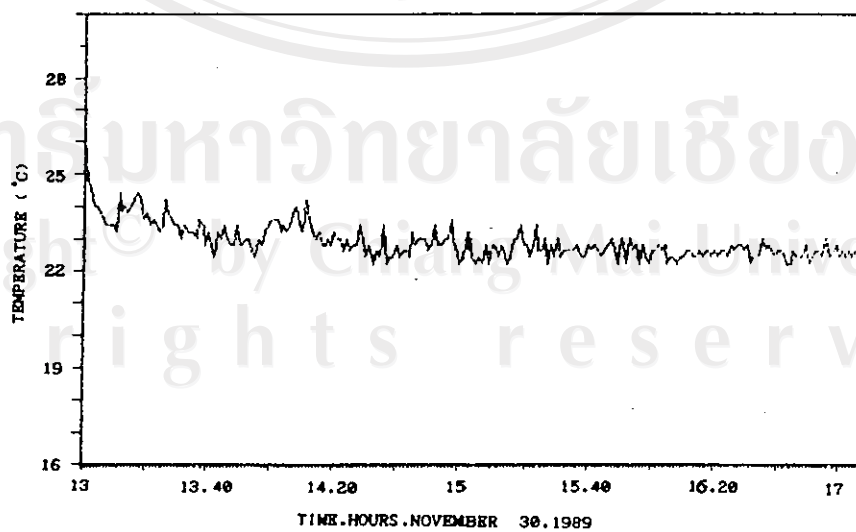
รูปที่ 4.37 การแสดงอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.37 การแสดงอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนในวันทดลอง อุณหภูมิภายนอกต่ำกว่าอุณหภูมิภายในในช่วงเช้า และสูงกว่าในตอนบ่าย

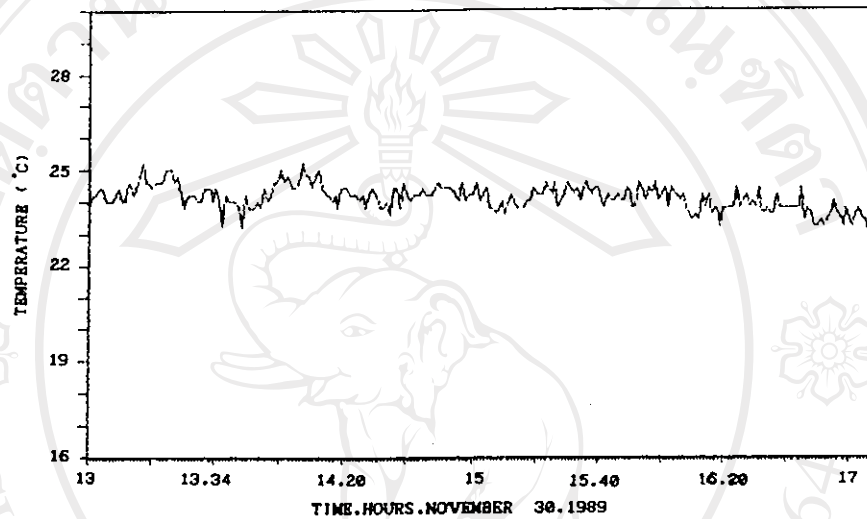


รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความชื้นภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.38 ความชื้นภายนอกโรงเรือนในวันที่ทดลองควบคุมอุณหภูมิ ($T_a = 21^\circ\text{C}$)

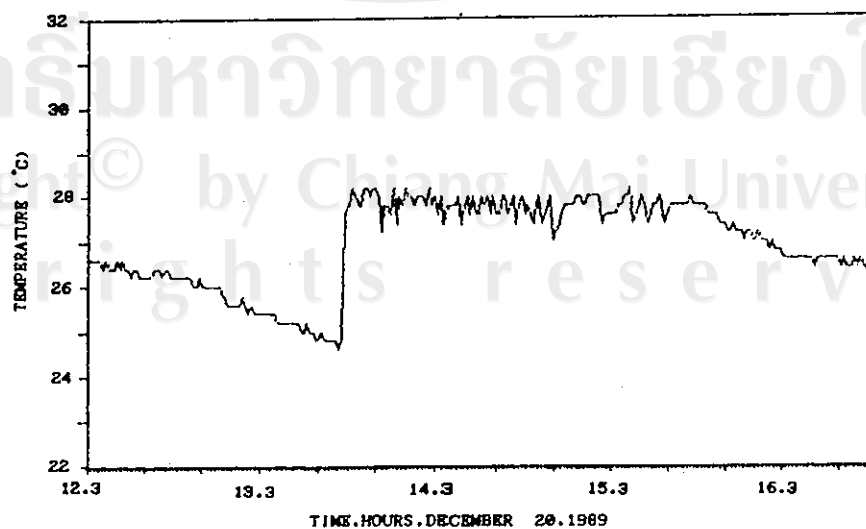


รูปที่ 4.39 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือน, $T_i = 23^\circ\text{C}$

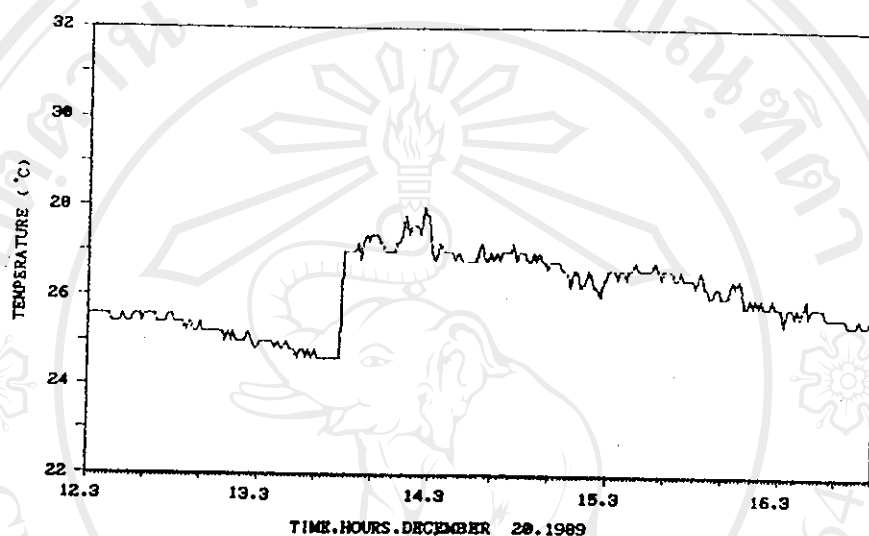


รูปที่ 4.40 กราฟแสดงอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน

จากรูปที่ 4.40 กราฟแสดงอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนในวันที่ทดลองควบคุมอุณหภูมิ ($T_a = 23^\circ\text{C}$) อุณหภูมิภายนอกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือน



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือน, $T_i = 28^\circ\text{C}$



รูปที่ 4.42 การแสดงอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน

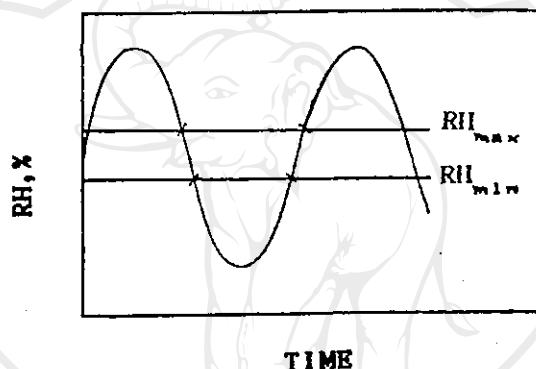
จากรูปที่ 4.42 การแสดงอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน ในวันที่ทดลองควบคุมอุณหภูมิ ($T_s = 28^\circ\text{C}$) อุณหภูมิภายนอกต่ำกว่าอุณหภูมิภายในในตอนเช้า และสูงกว่าในตอนบ่าย

สรุปผลการทดลอง

1. การทดลองของระบบนี้ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าต่ำสุดได้ประมาณต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (ภายนอกโรงเรือน) เท่ากับ 20°C ของผลต่างระหว่างอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกภายนอกโรงเรือน
2. การควบคุมอุณหภูมิให้มีระดับคงที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องกำหนดอุณหภูมิ (T_s) ที่จะควบคุมมีค่าไม่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเกิน 2°C

4.7 การควบคุมความชื้น

การทดลองนี้เลือกใช้การทดลองที่ 4.5 เป็นแนวทางในการควบคุมความชื้น โดยดัดแปลงวิธีการทดลองให้เหมาะสมเนื่องจากการเพิ่มหรือลดความชื้นต้องใช้เวลา และการควบคุมความชื้นมีวิธีการทดลองดังแสดงไว้ในโปรแกรมที่ 6 (ผังงานหน้า 39 รายละเอียดโปรแกรมหน้า 108) หรือแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมความชื้นได้ ดังรูปที่ 4.43



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงหลักการทำงานของระบบควบคุมความชื้น

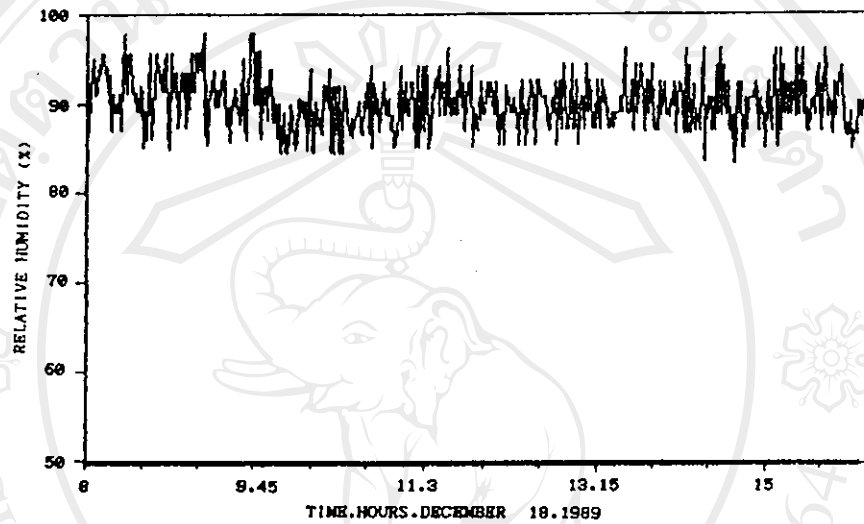
จากรูปที่ 4.43 หลักการทำงานของระบบควบคุมความชื้นคือ กำหนดความชื้นอ้างอิงเป็น 2 ระดับ โดยกำหนดให้ RH_{max} คือความชื้นสัมพัทธ์อ้างอิงระดับบน, RH_{min} คือความชื้นสัมพัทธ์อ้างอิงระดับล่าง และ RH คือความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน สำหรับการทำงานของหัวฉีดน้ำภายในโรงเรือน และพัดลมระบายอากาศ ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ดังนี้คือ เมื่อ $RH > RH_{max}$ พัดลมระบายอากาศจะทำงาน, $RH < RH_{min}$ หัวฉีดน้ำภายในโรงเรือนจะทำงาน และ $RH_{min} < RH < RH_{max}$ หัวฉีดน้ำภายในโรงเรือนและพัดลมระบายอากาศจะหยุดทำงาน จากการทดลองทำสถิติการควบคุมเพื่อให้ได้ความชื้นสัมพัทธ์ตามที่ต้องการ (RH_0) ต้องกำหนดค่า RH_{max} และ RH_{min} ตามสมการดังนี้

$$RH_{max} - RH_{min} = 1 \quad (4.1)$$

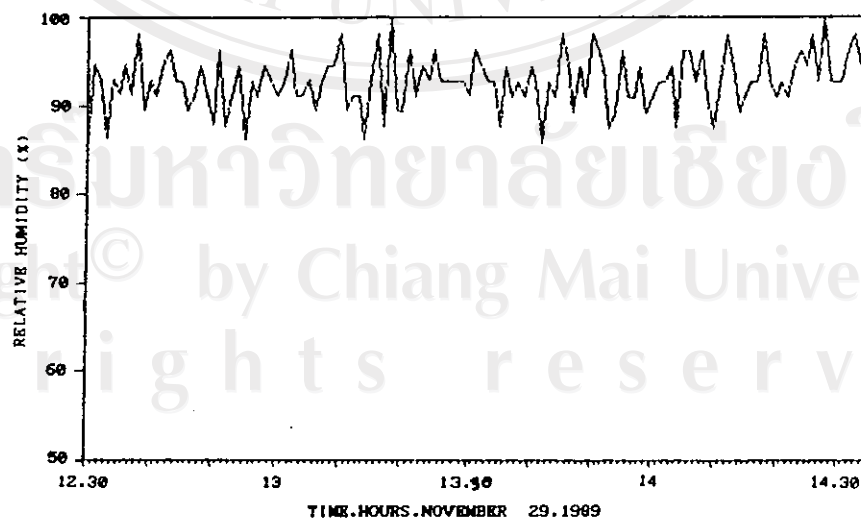
$$RH_0 - K = RH_{max} \quad (4.2)$$

กำหนดให้ K คือค่าคงที่ของระบบการควบคุมความชื้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 3 x
 RH_0 คือความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการ

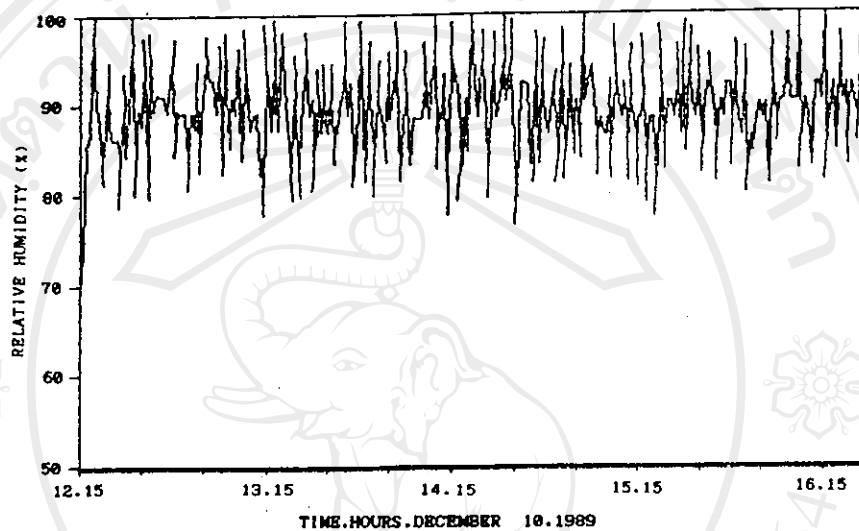
ผลการทดลอง แสดงไว้ในรูปที่ 4.44-4.52 ดังนี้คือ



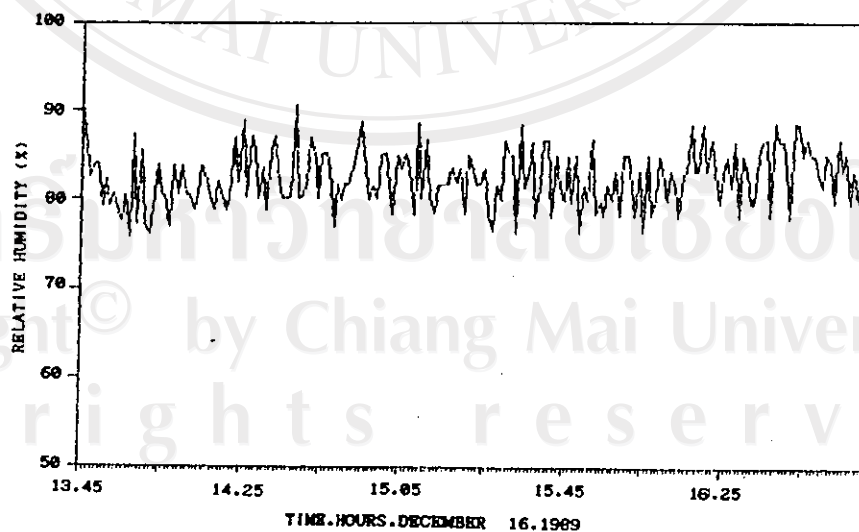
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงการควบคุมความชื้น, $RH_u = 90 \%$
เมื่อค่า RH_{max} พิจารณาจากผลการที่ 4.2



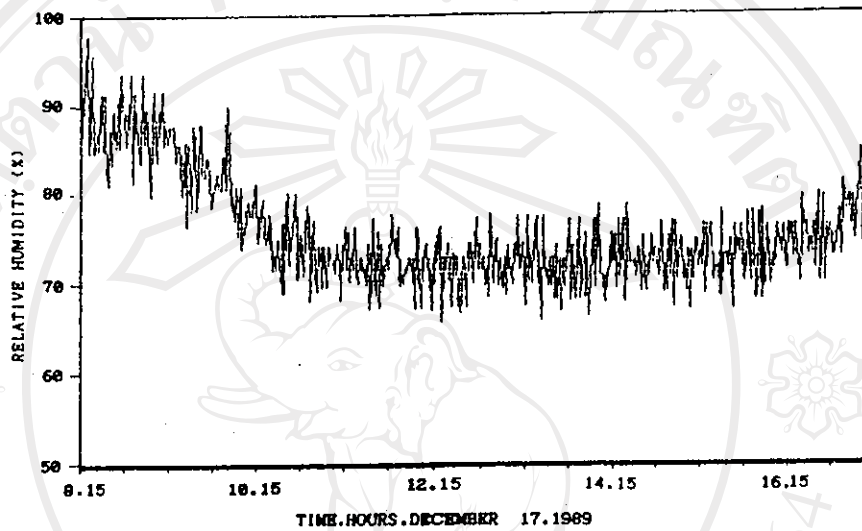
รูปที่ 4.45 กราฟแสดงการควบคุมความชื้น, $RH_u = 90 \%$
เมื่อค่า $RH_{max} = 90$, $RH_{min} = 89$



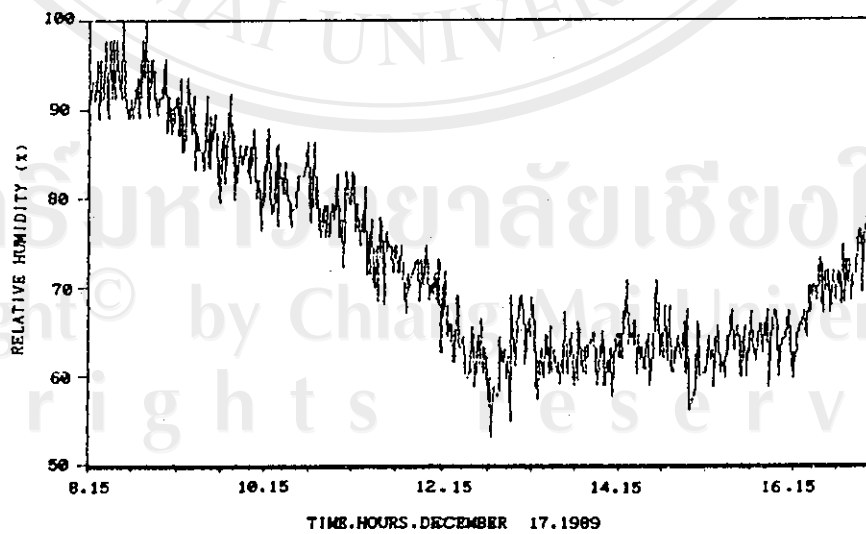
รูปที่ 4.46 กราฟแสดงการควบคุมความชื้น, $RH_0 = 90\%$
เมื่อค่า $RH_{max} = 92$, $RH_{min} = 88$



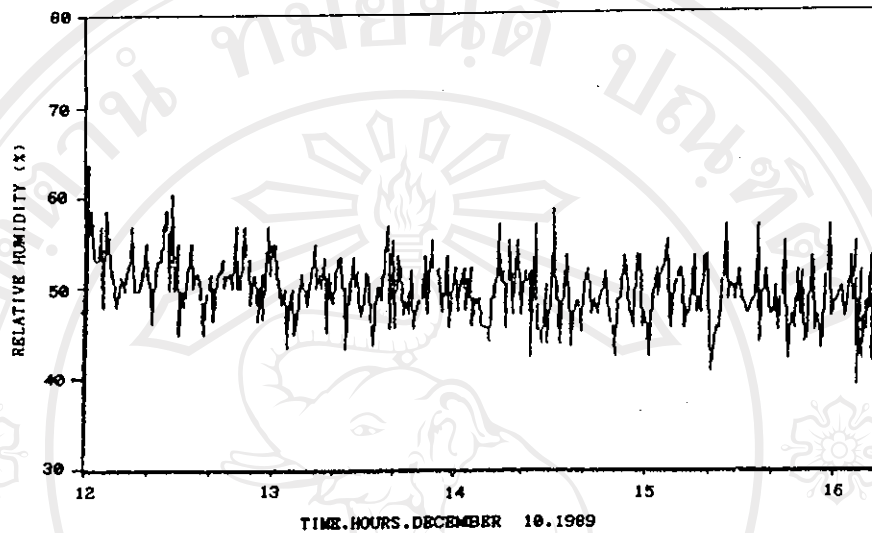
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงการควบคุมความชื้น, $RH_0 = 80\%$
เมื่อค่า RH_{max} พิจารณาจากสมการที่ 4.2



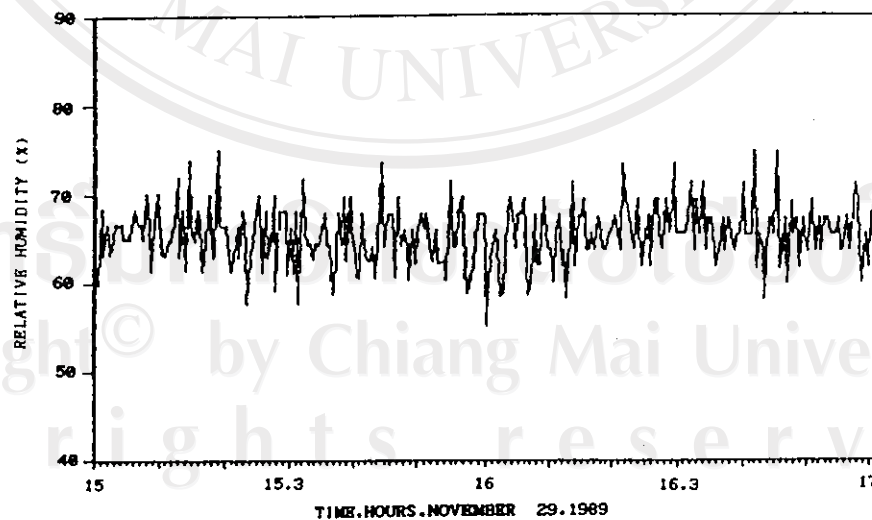
รูปที่ 4.48 กราฟแสดงการควบคุมความชื้น, $RH = 70\%$
เมื่อค่า RH_{max} พามาจากการที่ 4.2



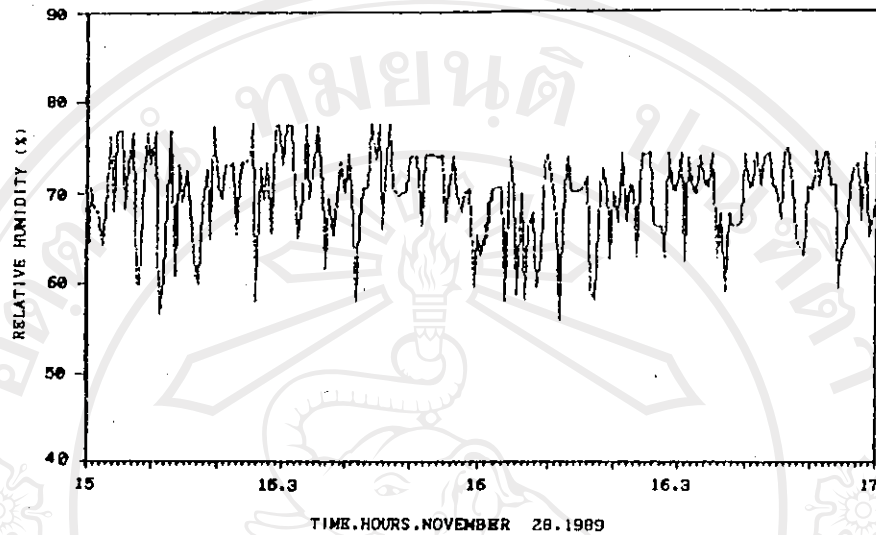
รูปที่ 4.49 กราฟแสดงความชื้นภายนอกโรงเรือน



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงการควบคุมความชื้น, $RH_o = 50\%$
เมื่อค่า RH_{max} พิจารณาจากสมการที่ 4.2



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงการควบคุมความชื้น, $RH_o = 65\%$
เมื่อค่า RH_{max} พิจารณาจากสมการที่ 4.2



รูปที่ 4.52 กราฟแสดงการควบคุมความชื้น, $RH_0 = 70\%$
เมื่อค่า $RH_{max} = 71$ และค่า $RH_{min} = 68$

สรุปผลการทดลอง

1. ความชื้นสัมพัทธ์เป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณตามสมการที่ 2.33 และโดยปกติแล้วความชื้นในอากาศมีค่าผันแปรสูง และการควบคุมความชื้นจึงเป็นการเพิ่มปริมาณไอน้ำเมื่อความชื้นต่ำกว่าที่ต้องการและลดปริมาณไอน้ำเมื่อความชื้นสูงกว่าที่ต้องการ ดังนั้นปริมาณไอน้ำจึงมีค่าผันแปรมากยิ่งขึ้นทำให้ระดับความชื้นของการควบคุมมีค่าเปลี่ยนแปลงทุก ๆ เวลา
2. จากการทดลองควบคุมความชื้น เมื่อกำหนดค่า RH_0, RH_{max}, RH_{min} และ K ตามสมการที่ 4.1 และ 4.2 พบว่าระดับของความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ที่ได้จากการควบคุมมีค่าตรงตามที่ต้องการมากที่สุด โดยมีความสม่ำเสมอเท่ากับ $\pm 5\%$
3. การควบคุมความชื้นของระบบนี้สามารถควบคุมได้ เมื่อความชื้นมีค่าสูงกว่าภายนอกโรงเรือนเท่านั้น โดยกำหนดค่า RH_0, RH_{max}, RH_{min} และ K ตามสมการที่ 4.1 และ 4.2 ทุกๆ ค่าของความชื้นที่ต้องการควบคุม
4. ในช่วงของฤดูหนาวความชื้นภายนอกโดยเฉลี่ยจะมีค่าต่ำ ดังนั้นความชื้นภายในโรงเรือนสามารถควบคุมได้ในช่วงกว้างมากที่สุด สำหรับฤดูฝนความชื้นควบคุมได้ในช่วงแคบเพราะความชื้นโดยเฉลี่ยภายนอกโรงเรือนมีค่าสูง อย่างไรก็ตามตลอดทั้งปีความชื้นสามารถควบคุมให้มีประสิทธิภาพในช่วง $50 - 90\%$ ของวันที่ท้องฟ้าโปร่งใส หรือกล่าวได้ว่าความชื้นต่ำสุดที่ควบคุมได้เท่ากับความชื้นภายนอกโรงเรือน และความชื้นสูงสุดสามารถควบคุมได้เท่ากับความชื้นที่ความดันไออิ่มตัว ณ อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกโรงเรือน