การศึกษาสมรรถนะของมู่ลี่ในแง่ของความสบายเชิงความร้อนและการส่งผ่านความร้อน

นายศุภกิจ วรศิลป์ชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-5323-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

16 ส.ค. 2550

A STUDY ON THE PERFORMANCE OF A VENETIAN BLIND IN TERMS OF THERMAL COMFORT AND HEAT TRANSMISSION

Mr. Supakit Worasinchai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-5323-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสมรรถนะของมู่ลี่ในแง่ของความสบายเชิงความร้อนและการส่งผ่านความร้อน
โดย	นายศุภกิจ วรศิลป์ชัย
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ไชยะภินันท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ไชยะภินันท์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ธร จรัญญากรณ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ)

นาย ศุภกิจ วรศิลป์ชัย : การศึกษาสมรรถนะของมู่ลี่ในแง่ของความสบายเชิงความร้อนและการส่งผ่านความร้อน (A STUDY ON THE PERFORMANCE OF A VENETIAN BLIND IN TERMS OF THERMAL COMFORT AND HEAT TRANSMISSION) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์, 323 หน้า ISBN 974-17-5323-3

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาถึงสมรรถนะของมู่ลี่ที่ถูกติดตั้งเป็นอุปกรณ์บังเงาภายในเข้ากับระบบกระจกทั้งในแง่ของความสบายเชิงความร้อน และการส่งผ่านความร้อน ภายใต้ภาวะภูมิอากาศมาตรฐานของกรุงเทพมหานคร โดยได้ทำการศึกษาสมรรถนะของมู่ลี่ที่มีความกว้าง 17.6 มม. ช่องว่างระหว่างใบมู่ลี่ 14 มม. มุมเอียง 45 องศา และถูกติดตั้งที่ระยะ 30 มม. จากผิวกระจกด้านใน เข้ากับระบบกระจก 4 ชนิด คือ กระจกใส 1 ชั้น กระจกสี 1 ชั้น กระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น และกระจก 2 ชั้น

ในการทำนายค่าการถ่ายเทความร้อน และค่าความสบายเชิงความร้อน มู่ลี่ดังกล่าวได้ถูกจำลองให้เป็นชั้นเสมือน (effective layer) ที่มีคุณสมบัติการแผ่รังสีคลื่นสั้น และคลื่นยาวที่สอดคล้องกับมู่ลี่จริง ที่มีค่าแปรตามความกว้าง ระยะระหว่างใบมู่ลี่ และมุมเอียงของมู่ลี่ จากนั้นจึงทำการประยุกต์ใช้แบบจำลองการพาความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสม โปรแกรมคอมพิวเตอร์ GBSIM (Glazing with Blind SIMulation) ได้ถูกพัฒนาขึ้นตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว เพื่อใช้ในการประเมินดัชนีค่าการส่งผ่านความร้อน และค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของมู่ลี่

ในแง่ของการส่งผ่านความร้อน ค่า Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U-value) ของระบบกระจกที่ติดมู่ลี่ถูกศึกษาโดยเปรียบเทียบกับกระจกตัวเปล่าที่ไม่ได้ติดตั้งมู่ลี่ และพบว่าการติดตั้งมู่ลี่ช่วยลดค่า SHGC และค่า U-value ได้ในทุกกรณีไม่ว่าจะติดตั้งเข้ากับกระจกชนิดใด จากนั้นจึงได้ตรวจสอบความเหมาะสมในการที่จะใช้ค่าดัชนี Interior Solar Attenuation Coefficient, IAC ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างค่า SHGC ของกระจกติดมู่ลี่กับ SHGC ของกระจก ถึงความเหมาะสมที่จะใช้เป็นค่าดัชนีในการกำหนดสมรรถนะของมู่ลี่ จากการศึกษาพบว่า การใช้ค่า IAC เพียงค่า ๆ เดียวในการกำหนดสมรรถนะระบบกระจกที่มีการติดตั้งมู่ลี่นั้นจะมีความเหมาะสมถ้าใช้กับกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น และกระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี และกระจกสะท้อนแสง สำหรับกระจกที่เหลือ ค่า SHGC ของกระจกติดมู่ลี่จะสัมพันธ์กับค่า SHGC ของระบบกระจกตัวเปล่าแบบสมการพหุนามในอันดับต่าง ๆ กัน และพบว่าในกรณีของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น และกระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสีการติดตั้งมู่ลี่จะช่วยลดค่า SHGC ลงได้ 25-34 % ในขณะที่ กระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงการติดตั้งมู่ลี่จะช่วยลดค่า SHGC ลงได้ 19 - 24 % ในส่วนของค่า U-value นั้นการติดตั้งมู่ลี่เข้ากับกระจกใส และกระจกสี 1 ชั้นนั้นมู่ลี่สามารถช่วยลดค่า U-value ได้ 28 % ในขณะที่สำหรับกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นมู่ลี่สามารถช่วยลดค่า U-value ได้ 24 % สำหรับกระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกใส และสีจะลดลงได้ 16 % และกระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงนั้นค่า U-value ลดลง 14 %

ในแง่ของความสบายเชิงความร้อน ดัชนีความสบายเชิงความร้อน Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) ได้ถูกเลือกเพื่อใช้ในการประเมินสมรรถนะ ค่า PPD นี้ได้ถูกแบ่งย่อยอีกออกเป็น ค่าความไม่สบายเชิงความร้อนอันเนื่องมาจากอุณหภูมิผิวมู่ลี่ (Predicted Percentage of dissatisfied due to surface temperature) และ ค่าความไม่สบายเชิงความร้อนอันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์ (Predicted Percentage of dissatisfied due to solar radiation) จากการศึกษาพบว่าการติดตั้งมู่ลี่เป็นอุปกรณ์บังเงาภายในนั้นสามารถช่วยปรับปรุงให้ค่า PPD มีค่าที่ดีขึ้น และให้ค่าความสบายเชิงความร้อนที่ดีกว่ากระจกตัวเปล่า นอกจากนั้น การติดตั้งมู่ลี่จะทำให้ค่า PPD อันเนื่องมาจากอุณหภูมิผิวมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น และทำให้ค่า PPD อันเนื่องมาจากรังสีแสงอาทิตย์มีค่าที่ลดลงอย่างมาก จากกระจกทั้ง 4 ชนิด จากการศึกษาพบว่า กระจกสะท้อนแสงชนิด SS08 SS14 และกระจก 2 ชั้น ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงจะให้ค่า PPD อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 10 %

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2548

4570566021 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD : VENETIAN BLIND / HEAT TRANSFER / SOLAR HEAT GAIN COEFFICIENT / OVERALL HEAT TRANSFER COEFFICIENT / THERMAL COMFORT / MATHEMATICAL MODELLING

SUPAKIT WORASINCHAI : A STUDY ON THE PERFORMANCE OF A VENETIAN BLIND IN TERMS OF THERMAL COMFORT AND HEAT TRANSMISSION. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SOMSAK CHAIYAPINUNT, Ph.D. 323 pp. ISBN 974-17-5323-3

This thesis is a study on the performance of a venetian blind installed as an interior shading device on both in terms of thermal comfort and heat transmission under standard meteorological weather data of Bangkok. The venetian blind has slat reflectance of 0.62, slat width of 17.6 mm., slat pitch of 14 mm. slat angle of 45 degree and was installed at the distance of 30 mm. from the inner glass surface. Four types of glass were chosen and they are clear glass, tinted glass, reflective glass and double glass.

In order to predict the heat transmission and thermal comfort values, the venetian blind was modeled as an effective layer that has shortwave and longwave radiative properties corresponding to the actual blind. And the appropriate convection heat transfer models were combined with the blind model. A computer program named GBSIM (Glazing with Blind SIMulation) was developed according to the mathematical models to evaluate heat transmission and thermal comfort values.

In the aspect of heat transmission, the Solar Heat Gain coefficient and the overall heat transfer coefficient (U-value) of the glass window installed with a venetian blind were used in the study to compare with the plain glass window system. It was found that the installing the venetian blind could reduce SHGC and U-value for all cases. Investigations of its suitability of using only single Interior Solar Attenuation Coefficient (IAC), defined as the ratio of the Solar Heat Gain Coefficient of glass with blind to the Solar Heat Gain Coefficient of plain glass, to predict SHGC of glass with blind were done. It was found from the study that the use of single IAC value to determine SHGC of glass with blind is applicable for reflective glass and double glass with the external glass as tinted and reflective glass. For the rest of the considered glass, the relation between SHGC of the glass window installed with a venetian blind and SHGC of plain glass window system could be representing in polynomial with many orders. Installing the venetian blind could reduce SHGC of glass by 25-34 % for single reflective and double glass with external tinted glass and could reduce SHGC of glass by 19-24 %. For the U value performance of blind, the installing the blind could reduce the U-value by 28 % for single clear and tinted glass, by 24 % for single reflective glass, by 16 % for double glass with external clear and tinted glass, and by 14 % for double glass with external reflective glass.

In the aspect of thermal comfort, the Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) was chosen to predict the system performance. The PPD index was also subdivided into Predicted Percentage of Dissatisfied due to surface temperature and Predicted Percentage of Dissatisfied due to solar radiation. It was found that when installed a venetian blind as an interior-shading device, the blind would improve total PPD and gave more comfortable condition than the condition of the plain glass. In addition, the blind also made PPD due to surface temperature values increase and PPD due to solar radiation decrease in large amount. Of four type of glass, it was also found that reflective glass with SS08 coated, SS14 coated and double glass with the external reflective glass gave the value of PPD in the satisfaction range of 10 %

Department Mechanical Engineering Student's signature .....

Concentration Mechanical Engineering Advisor's signature .....

Academic year 2005

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาในทุก ๆ ด้านไม่ว่าจะในส่วนของการทำวิทยานิพนธ์โดยตรง หรือคำปรึกษาในส่วนอื่น ๆ อีกทั้งยังสละเวลาคอยควบคุมการศึกษาค้นคว้าจนประสบความสำเร็จด้วยดี ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ธร จรัญญากรณ์ และ ผู้ช่วยศาตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ กรรมการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่มีประโยชน์เป็นอย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ พี่ธวัชชัย สิทธิสระดู่ พี่นพรัตน์ คำพร พี่ ๆ และเพื่อน ๆ ห้องนิสิตปริญญาโททุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือ และคำปรึกษาในหลาย ๆ ด้าน

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยส่งเสริม สนับสนุน ให้กำลังใจ รวมทั้งสิ่งที่ดี ๆ ในชีวิตที่มอบให้กับลูกชายคนนี้มาโดยตลอด ขอขอบคุณพี่แบ็งค์ พี่บัว ที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุน

หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พอที่จะมีความดี และประโยชน์อยู่บ้าง ขอมอบความดีเหล่านั้นให้แก่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฏ

คำอธิบายสัญลักษณ์ ..... ฝ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 4

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 4

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ข้อมูลสภาวะอากาศมาตรฐาน 6

2.2 การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกติดมู่ลี่ 7

2.3 การคำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของมู่ลี่ 11

2.4 การคำนวณหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกชนิดต่าง ๆ 13

2.5 การคำนวณหาค่าสภาวะความสบายเชิงความร้อน 13

บทที่ 3 ทฤษฎี สมการ และการวิเคราะห์ 17

3.1 วิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกติดมู่ลี่ 18

3.1.1 การคำนวณหาค่า SHGC ของรังสีแสงอาทิตย์แบบตรงของกระจกติดมู่ลี่ 19

3.1.1.1 การหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของระบบกระจกติดมู่ลี่ 20

3.1.1.2 การหาค่า inward-flowing fraction ของระบบกระจกติดมู่ลี่ 24

3.1.2 การคำนวณหาค่า SHGC ของรังสีแสงอาทิตย์แบบกระจายของ

กระจกติดมู่ลี่ 24
3.1.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของระบบกระจกติดมู่ลี่ 27
3.2 วิธีการคำนวณค่าคุณสมบัติทาง optic ของหน้าต่างกระจก 27
3.2.1 กระจกชนิดไม่เคลือบ 27
3.2.2 กระจกชนิดเคลือบ 30
3.3 วิธีการคำนวณค่าคุณสมบัติทาง optic ของมู่ลี่ 31
3.3.1 การคำนวณค่าคุณสมบัติทาง optic คลื่นสั้นของมู่ลี่ 31
3.3.2 การคำนวณค่าคุณสมบัติทาง optic คลื่นยาวของมู่ลี่ 33
3.3.2.1 การคำนวณหาค่าการเปล่งรังสีคลื่นยาวด้านหน้า และด้านหลัง 35
3.3.2.2 การคำนวณหาค่าการส่งผ่านรังสี สะท้อนรังสี และดูดกลืนรังสีคลื่นยาวด้านหน้า 35
3.3.2.3 การคำนวณหาค่าการส่งผ่านรังสี สะท้อนรังสี และดูดกลืนรังสีคลื่นยาวด้านหลัง 36
3.4 วิธีการคำนวณค่าอุณหภูมิของมู่ลี่ 37
3.4.1 การคำนวณค่าความต้านทานความร้อนรวม 42
3.4.1.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีคลื่นยาว 42
3.4.1.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน 43
3.4.1.2.1 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวกระจกด้านนอก 43
3.4.1.2.2 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างช่องกระจก 44
3.4.1.2.3 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างผิวกระจกด้านในกับมู่ลี่ 45
3.1.1.2.4 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากมู่ลี่เข้าสู่อาคาร 46
3.4.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนสุทธิผ่านแต่ละชั้นกระจก 47
3.4.3 การคำนวณค่าอุณหภูมิที่ผิว 47
3.4.4 การคำนวณค่าการกระจายตัวของอุณหภูมิใหม่จากค่าความร้อนคงเหลือ 49
3.5 วิธีการคำนวณค่าความสบายเชิงความร้อน 52
3.5.1 การคำนวณค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย 58

3.5.1.1 การหาค่าอุณหภูมิ unirradiated mean radiant temperature 59
3.5.1.2 การหาค่าอุณหภูมิ mean radiant temperature due to surface temperature and solar radiation 60
3.5.2 การคำนวณค่า PMV ในกรณีที่มีผลของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างกระจก 61

บทที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ 63
4.1 โปรแกรม WINDOW 4.1 63
4.1.1 ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม WINDOW 4.1 63
4.1.2 ความสามารถของโปรแกรม 65
4.2 โปรแกรม ASHRAE comfort 65
4.3 โปรแกรม GBSIM 66
4.3.1 โปรแกรมย่อยหลัก 67
4.3.1.1 โปรแกรมย่อย sys_optic 67
4.3.1.2 โปรแกรมย่อย sur_temp 68
4.3.1.3 โปรแกรมย่อย comfort 68
4.3.2 ผลลัพธ์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 68
4.3.3 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ GBSIM .. 70

บทที่ 5 การกำหนดพารามิเตอร์ และสมมติฐาน 77
5.1 การกำหนดสภาวะอากาศภายนอก 77
5.2 การกำหนดสภาวะอากาศภายใน 78
5.3 การกำหนดลักษณะของห้อง 79
5.4 การกำหนดลักษณะท่าทาง และตำแหน่งของผู้อยู่อาศัย 79
5.5 การคำนวณหาค่าอนุพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่า PMV 81
5.6 การกำหนดขนาดเมทริกซ์คุณสมบัติ 83

บทที่ 6 ผลการวิจัย และการวิเคราะห์ 86
6.1 ผลของมุมตกกระทบ และมุม azimuth ที่มีต่อค่า SHGC ของกระจกแต่ละชนิดที่มีการติดตั้งมู่ลี่ 87
6.1.1 กระจกใส 1 ชั้น 88
6.1.2 กระจกสี 1 ชั้น 90
6.1.3 กระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น 92

6.1.4 กระจกใส 2 ชั้น 94
6.1.5 กระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี 96
6.1.6 กระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง 97
6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ กับค่า $SHGC_G$ 98
6.2.1 กระจกใส 1 ชั้น 98
6.2.2 กระจกสี 1 ชั้น 101
6.2.3 กระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น 103
6.2.4 กระจกใส 2 ชั้น 104
6.2.5 กระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี 106
6.2.6 กระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง 107
6.2 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม (U-value) ของกระจกติดมู่ลี่กับกระจกตัวเปล่าแต่ละชนิด 108
6.4 อิทธิพลของมู่ลี่ต่อค่าความสบายเชิงความร้อน 114
6.4.1 กระจกใส 1 ชั้น 114
6.4.2 กระจกสี 1 ชั้น 116
6.4.3 กระจกสะท้อนแสง 1 ชั้น 118
6.4.4 กระจกใส 2 ชั้น 123
6.4.5 กระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี 124
6.4.6 กระจก 2 ชั้นที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง 126

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 131
7.1 สรุปผลการวิจัย 131
7.2 ข้อเสนอแนะ 132

รายการอ้างอิง 134

ภาคผนวก 137
ภาคผนวก ก ตารางแสดงคุณสมบัติทาง optic ของกระจกตัวเปล่า 138
ภาคผนวก ข การหาแบบจำลองทาง optic คลื่นสั้นของมู่ลี่ 147
ภาคผนวก ค การคำนวณหาค่า weighting function 159
ภาคผนวก ง การคำนวณหาค่าอนุพันธ์ 162
ภาคผนวก จ รายละเอียดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ GBSIM 167
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างการคำนวณ 199

ภาคผนวก ช ค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกติดมู่ลี่ 241
ภาคผนวก ซ ตารางแสดงค่าคุณสมบัติทางความร้อนของกระจกติดมู่ลี่แต่ละชนิด 316

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 323

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงสภาวะสิ่งแวดล้อมของอาคารชนิดต่าง ๆ	15
2.2	แสดงช่วงของค่า PPD และ PMV ของสภาวะสิ่งแวดล้อม 3 รูปแบบ	15
3.1	ค่า angular weighting function	26
3.2	แสดงค่า effective ground reflectance, ρ ของพื้นผิวชนิดต่าง ๆ	27
3.3	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการหาค่าคุณสมบัติของกระจกชนิดเคลือบ	30
3.4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของมู่ลี่	32
3.5	แสดงค่าความยาวต่าง ๆ ในพื้นผิวปิด	35
4.1	แสดงการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใสตัวเปล่าหนา 6 มม. ที่คำนวณได้จากโปรแกรม GBSIM และที่คำนวณได้โดยโปรแกรม WINDOW 4.1	70
4.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม และค่าอุณหภูมิผิวกระจกด้านในที่คำนวณได้โดยโปรแกรม GBSIM และที่คำนวณได้โดยโปรแกรม WINDOW 4.1	71
4.3	แสดงการเปรียบเทียบค่าของ SHGC ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กับผลการทดลองของ Klems โดยใช้ข้อมูลขาเข้าแบบเดียวกัน	72
4.4	แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาเมื่อ $Q = 350\ W/m^2$	72
4.5	แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของมู่ลี่ที่มุมเอียง 0 องศาจากการทดลองโดย Duarte และคณะกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นภายใต้สภาวะแบบเดียวกัน	73
4.6	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมจากการศึกษาโดยตัวเลขของ Shahid และจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ ภายใต้สภาวะแบบเดียวกัน	74
4.7	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกใส 1 ชั้นติดมู่ลี่ จากการทดลองโดย Fang และค่าที่คำนวณได้โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ ภายใต้สภาวะแบบเดียวกัน	74
4.8	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกใส 2 ชั้นติดมู่ลี่ จากการทดลองโดย Fang และค่าที่คำนวณได้โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ ภายใต้สภาวะแบบเดียวกัน	75
4.9	แสดงการเปรียบเทียบค่าของ PMV ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นและโปรแกรม ASHRAE comfort ที่พัฒนาโดย ASHRAE โดยใช้ข้อมูลขาเข้าแบบเดียวกัน	76
4.10	แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณจากค่า operative temperature ที่ได้จากการทดลอง กับค่าที่ได้จากโปรแกรม GBSIM	76

6.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจกใส 1 ชั้น หนา 2-6 มม. 101
6.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจกใส ชั้น หนา 8-12 มม. 101
6.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจกสี 1 ชั้น 103
6.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจก 1 ชั้น ชนิดสะท้อนแสง SS08 104
6.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจก 1 ชั้น ชนิดสะท้อนแสง SS14 104
6.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจก 1 ชั้น ชนิดสะท้อนแสง TI20 104
6.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจก 1 ชั้น ชนิดสะท้อนแสง TI30 104
6.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจก 2 ชั้น ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี 106
6.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างค่า $SHGC_B$ และ $SHGC_G$ ของกระจก 2 ชั้น ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง 107
ก.1 แสดงค่าคุณสมบัติของกระจกใสตัวเปล่า 1 ชั้นที่มุมตกกระทบศูนย์องศา 139
ก.2 แสดงค่าคุณสมบัติของกระจกสีตัวเปล่า 1 ชั้นที่มุมตกกระทบศูนย์องศา 140
ก.3 แสดงค่าคุณสมบัติของกระจกสะท้อนแสงตัวเปล่า 1 ชั้นที่มุมตกกระทบศูนย์องศา ... 141
ข.1 แสดงสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการหาค่าคุณสมบัติทาง optic ของมู่ลี่ 154
ข.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านรังสีคลื่นสั้นของมู่ลี่ในช่วงบนที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงถดถอยกับค่าจากการทดลอง เมื่อตัวหนาแทนค่าจากการทดลอง และตัวบางเป็นค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 155
ข.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านรังสีคลื่นสั้นของมู่ลี่ในช่วงล่างที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงถดถอยกับค่าจากการทดลอง เมื่อตัวหนาแทนค่าจากการทดลอง และตัวบางเป็นค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 156
ข.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าการสะท้อนรังสีคลื่นสั้นของมู่ลี่ในช่วงบนที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงถดถอยกับค่าจากการทดลอง เมื่อตัวหนาแทนค่าจากการทดลอง และตัวบางเป็นค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 157
ข.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าการสะท้อนรังสีคลื่นสั้นของมู่ลี่ในช่วงล่างที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงถดถอยกับค่าจากการทดลอง เมื่อตัวหนาแทนค่าจากการทดลอง และตัว

บางเป็นค่าที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 158
ค.1 แสดงค่า angular weighting function 161
ช.1 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 2 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 241
ช.2 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 3 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 242
ช.3 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 4 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 243
ช.4 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 5 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 244
ช.5 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 245
ช.6 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 8 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 246
ช.7 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 10 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 247
ช.8 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 12 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 248
ช.9 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกใส 1 ชั้นหนา 14 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 249
ช.10 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกสี CoolGray 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 250
ช.11 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกสี CoolGray 1 ชั้นหนา 8 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 251
ช.12 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกสี CoolGray 1 ชั้นหนา 10 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 252
ช.13 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกสี CoolGray 1 ชั้นหนา 12 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 253
ช.14 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกสี Skyblue 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 254
ช.15 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกสี Skyblue 1 ชั้นหนา 8 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 255

ช.16 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกสี Oceangreen 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 256
ช.17 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกสี Oceangreen 1 ชั้นหนา 8 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 257
ช.18 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS08CLR 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 258
ช.19 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS14CLR 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 259
ช.20 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS20CLR 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 260
ช.21 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI20CLR 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 261
ช.22 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI30CLR 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 262
ช.23 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI40CLR 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 263
ช.24 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI35CLR 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 264
ช.25 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS08GRN 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 265
ช.26 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS14CGRN 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 266
ช.27 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI20GRN 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 267
ช.28 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI30GRN 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 268
ช.29 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI40GRN 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 269
ช.30 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS08BLE 1 ชั้นหนา 6 มม. ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 270
ช.31 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS14CBLE 1 ชั้นหนา 6 มม.

ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 271
ช.32 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI20BLE 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 272
ช.33 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI30BLE 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 273
ช.34 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI35BLE 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 274
ช.35 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS08GRY 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 275
ช.36 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS14GRY 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 276
ช.37 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ SS20GRY 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 277
ช.38 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI20GRY 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 278
ช.39 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI30GRY 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 279
ช.40 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจกเคลือบ TI40GRY 1 ชั้นหนา 6 มม.
ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 280
ช.41 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLR2_CLR2 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 281
ช.42 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLR2_CLR2 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 282
ช.42 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLR3_CLR3 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 283
ช.43 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLR4_CLR4 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 284
ช.44 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLR5_CLR5 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 285
ช.45 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLR6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 286
ช.46 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.

CLR8_CLR8 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 287
ช.47 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLR10_CLR10 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 288
ช.48 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLR12_CLR12 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 289
ช.49 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
CLGRY6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 290
ช.50 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SKYBLE6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 291
ช.51 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
OCNGRN6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 292
ช.52 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS08CLR6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 293
ช.53 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS14CLR6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 294
ช.54 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS20CLR6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 295
ช.55 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI20CLR6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 296
ช.56 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI30CLR6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 297
ช.57 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI40CLR6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 298
ช.58 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI35CLR6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 299
ช.59 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS08GRN6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 300
ช.60 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS14GRN6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 301
ช.61 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI20GRN6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 302
ช.62 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.

TI30GRN6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 303
ช.63 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI35GRN6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 304
ช.64 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS08BLE6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 305
ช.65 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS14BLE6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 306
ช.66 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI20BLE6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 307
ช.67 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI30BLE6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 308
ช.68 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI35BLE6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 309
ช.69 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS08GRY6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 310
ช.70 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS14GRY6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 311
ช.71 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
SS20GRY6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 312
ช.72 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI20GRY6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 313
ช.73 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI30GRY6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 314
ช.74 แสดงค่าคุณสมบัติทาง optic ของกระจก 2 ชั้นช่องกระจก 13 มม.
TI40GRY6_CLR6 ติดมู่ลี่ที่มุมเอียง 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 315
ซ.1 แสดงค่าคุณสมบัติทางความร้อนของกระจก 1 ชั้นชนิดต่าง ๆ ติดมู่ลี่ 45 องศา
ที่ระยะ 30 มม. 317
ซ.2 แสดงค่าคุณสมบัติทางความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ชนิดต่าง ๆ
ติดมู่ลี่ 45 องศาที่ระยะ 30 มม. 320

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงลักษณะของกระจกที่มีการติดตั้งมู่ลี่	2
1.2	เปรียบเทียบลักษณะทางเดินของรังสีกรณีกระจกตัวเปล่า และกระจกติดมู่ลี่	3
2.1	แสดงนิยามของมุมตกกระทบ และมุม azimuth	8
3.1	แสดงนิยามของมุมตกกระทบ และมุม azimuth	20
3.2	แสดงทิศทางของรังสีที่ส่งผ่านมู่ลี่	21
3.3	แสดงนิยามของค่าคุณสมบัติแบบ bidirectional properties	22
3.4	แสดงนิยามของค่าคุณสมบัติแบบ directional-hemispherical properties	22
3.5	แสดงรังสีที่ตกกระทบในแต่ละมุมตกกระทบ	25
3.6	แสดงการแบ่งพื้นผิวในแต่ละเซลล์ของมู่ลี่	33
3.7	แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิของกระจก และมู่ลี่	38
3.8	แสดงค่าอุณหภูมิ และความชื้นที่ผิวหนังที่แปรตามค่ากิจกรรม	53
3.9	แสดงนิยามของค่าอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย	58
3.10	แสดงค่าเฉลี่ยของ angle factor ระหว่างคนนั่งกับผนังตั้งฉาก	59
3.11	แสดงค่าเฉลี่ยของ angle factor ระหว่างคนนั่งกับเพดานและพื้น	60
4.1	แสดงลักษณะของโปรแกรม ASHRAE Thermal comfort Program	66
5.1	แสดงลักษณะของห้องที่ใช้ในการศึกษา	79
5.2	แสดงตำแหน่งของผู้อยู่อาศัยเมื่อมองจาก top view	80
5.3	แสดง projected area factor	80
5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PMV และค่า MRT ที่ค่ากิจกรรมเท่ากับ 1.2 met ค่าความต้านทานเชิงความร้อนของเสื้อผ้า 0.5 clo และที่ความเร็วลม 0.15 m/s	82
5.5	แสดงเปรียบเทียบค่า SHGC ที่ได้จากการแบ่งมุม 15 องศาและ 30 องศา ที่มุมตกกระทบเท่ากับ 45 องศา	85
6.1	แสดงค่า SHGC ของกระจกใสติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของกระจกตัวเปล่า ที่มุม azimuth 0 องศา	88
6.2	แสดงค่า SHGC ของกระจกใสติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของกระจกตัวเปล่า ที่มุม azimuth 30 องศา	89
6.3	แสดงค่า SHGC ของกระจกใสติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของกระจกตัวเปล่า ที่มุม azimuth 60 องศา	89
6.4	แสดงค่า SHGC ของกระจกใสติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของกระจกตัวเปล่า	

ที่มุม azimuth 90 องศา 90
6.5 แสดงค่า SHGC ของกระจกสีติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของกระจกตัวเปล่า ที่มุม azimuth 0 องศา 90
6.6 แสดงค่า SHGC ของกระจกสีติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของกระจกตัวเปล่า ที่มุม azimuth 30 องศา 91
6.7 แสดงค่า SHGC ของกระจกสีติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของกระจกตัวเปล่า ที่มุม azimuth 60 องศา 91
6.8 แสดงค่า SHGC ของกระจกสีติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของกระจกตัวเปล่า ที่มุม azimuth 90 องศา 92
6.9 แสดงค่า SHGC ของกระจกชนิดเคลือบ Stainless steel 8 (SS08) ติดมู่ลี่เทียบ กับค่า SHGC ของกระจกชนิดเคลือบตัวเปล่าที่มุม azimuth ต่าง ๆ 92
6.10 แสดงค่า SHGC ของกระจกชนิดเคลือบ Stainless steel 14 (SS14) ติดมู่ลี่เทียบ กับค่า SHGC ของกระจกชนิดเคลือบตัวเปล่าที่มุม azimuth ต่าง ๆ 93
6.11 แสดงค่า SHGC ของกระจกชนิดเคลือบ Titanium 30 (TI30) ติดมู่ลี่เทียบ กับค่า SHGC ของกระจกชนิดเคลือบตัวเปล่าที่มุม azimuth ต่าง ๆ 93
6.12 แสดงค่า SHGC ของกระจกชนิดเคลือบ Titanium 40 (TI40) ติดมู่ลี่เทียบ กับค่า SHGC ของกระจกชนิดเคลือบตัวเปล่าที่มุม azimuth ต่าง ๆ 94
6.13 แสดงค่า SHGC ของกระจกใส 2 ชั้นติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของ กระจกใส 2 ชั้นตัวเปล่าที่มุม azimuth 0 องศา 94
6.14 แสดงค่า SHGC ของกระจกใส 2 ชั้นติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของ กระจกใส 2 ชั้นตัวเปล่าที่มุม azimuth 30 องศา 95
6.15 แสดงค่า SHGC ของกระจกใส 2 ชั้นติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของ กระจกใส 2 ชั้นตัวเปล่าที่มุม azimuth 60 องศา 95
6.16 แสดงค่า SHGC ของกระจกใส 2 ชั้นติดมู่ลี่เทียบกับค่า SHGC ของ กระจกใส 2 ชั้นตัวเปล่าที่มุม azimuth 90 องศา 96
6.17 แสดงค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสีเทียบ กับค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสีตัวเปล่าที่มุม azimuth ต่าง ๆ 96
6.18 แสดงค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกชนิดเคลือบ เทียบกับค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกชนิดเคลือบ ตัวเปล่าที่มุม azimuth ต่าง ๆ 97
6.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจกใส 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่า SHGC ของ

กระจกใส 1 ชั้นตัวเปล่า ที่มุม azimuth 0 องศา ที่ความหนา 2 ถึง 6 มม. 99
6.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจกใส 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่า SHGC ของกระจกใส 1 ชั้นตัวเปล่า ที่มุม azimuth 0 องศา ที่ความหนา 8 ถึง 12 มม. 99
6.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจกใส 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่า SHGC ของกระจกใส 1 ชั้นตัวเปล่า ที่มุม azimuth 30 องศา ที่ความหนา 2 ถึง 6 มม. 100
6.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจกใส 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่า SHGC ของกระจกใส 1 ชั้นตัวเปล่า ที่มุม azimuth 30 องศา ที่ความหนา 8 ถึง 12 มม. 100
6.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจกสี 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่า SHGC ของกระจกสี 1 ชั้นตัวเปล่าที่มุม azimuth 0 องศา 102
6.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจกสี 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่า SHGC ของกระจกสี 1 ชั้นตัวเปล่าที่มุม azimuth 60 องศา 102
6.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่า SHGC ของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า ที่มุม azimuth ต่าง ๆ 103
6.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกใส กับค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่าที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกใส ที่มุม azimuth 0 องศา 105
6.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกใส กับค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่าที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกใส ที่มุม azimuth 60 องศา 105
6.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี กับค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่าที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี ที่มุม azimuth ต่าง ๆ 106
6.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง กับค่า SHGC ของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่าที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง ที่มุม azimuth ต่าง ๆ 107
6.30 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกใส 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกใส 1 ชั้นตัวเปล่า 108
6.31 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกสี 1 ชั้นติดมู่ลี่ กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมกระจกสี 1 ชั้นตัวเปล่า 109
6.32 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก

สะท้อนแสง 1 ชั้นชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกใส กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า 109
6.33 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีเขียว กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า 110
6.34 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีฟ้า กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า 110
6.35 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีเทา กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า 111
6.36 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกใส มีช่องกระจก 13 มม.กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่า 111
6.37 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี มีช่องกระจก 13 มม.กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่า 112
6.38 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง ที่เคลือบลงบนกระจกใสที่มีช่องกระจก 13 มม. กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่า 112
6.39 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง ที่เคลือบลงบนกระจกสีเขียว ที่มีช่องกระจก 13 มม. กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่า 113
6.40 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง ที่เคลือบลงบนกระจกสีฟ้า ที่มีช่องกระจก 13 มม. กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นตัวเปล่า 113
6.41 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้นติดมู่ลี่ ที่กระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสง ที่เคลือบลงบนกระจกสีเทา ที่มีช่องกระจก 13 มม. กับค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวมของกระจก 2 ชั้น

ตัวเปล่า 114
6.42 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนเชิงกระจกใส 1 ชั้นตัวเปล่าที่ความหนา
กระจกต่าง ๆ กัน 115
6.43 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนเชิงกระจกใส 1 ชั้นติดมู่ลี่ที่ความหนา
กระจกต่าง ๆ กัน 115
6.44 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนเชิงกระจกสี 1 ชั้นตัวเปล่าที่ความหนา
กระจกต่าง ๆ กัน 116
6.45 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนเชิงกระจกสี 1 ชั้นติดมู่ลี่ที่ความหนา
กระจกต่าง ๆ กัน 117
6.46 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า ที่ชนิด
เคลือบต่าง ๆ กันบนกระจกใสหนา 6 มม. 118
6.47 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสะท้อน 1 ชั้นติดมู่ลี่ ที่ชนิด
เคลือบต่าง ๆ กันบนกระจกใสหนา 6 มม. 118
6.48 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า ที่ชนิด
เคลือบต่าง ๆ กันบนกระจกสีเขียวหนา 6 มม. 119
6.49 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นติดมู่ลี่ ที่ชนิด
เคลือบต่าง ๆ กันบนกระจกสีเขียวหนา 6 มม. 120
6.50 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า ที่ชนิด
เคลือบต่าง ๆ กันบนกระจกสีฟ้าหนา 6 มม. 120
6.51 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสะท้อนแสง 1 ชั้นตัวเปล่า ที่ชนิด
เคลือบต่าง ๆ กันบนกระจกสีฟ้าหนา 6 มม. 121
6.52 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสะท้อน 1 ชั้น ตัวเปล่าที่ชนิด
เคลือบต่าง ๆ กันบนกระจกสีเทาหนา 6 มม. 121
6.53 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสะท้อน 1 ชั้น ติดมู่ลี่ที่ชนิด
เคลือบต่าง ๆ กันบนกระจกสีเทาหนา 6 มม. 122
6.54 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกใส 2 ชั้น ตัวเปล่าช่องอากาศ 13 มม.
ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี ที่ความหนาของกระจกต่าง ๆ กัน 123
6.55 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกใส 2 ชั้น ติดมู่ลี่ ช่องอากาศ 13 มม.
ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี ที่ความหนาของกระจกต่าง ๆ กัน 123
6.56 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสี 2 ชั้น ตัวเปล่าช่องอากาศ 13 มม.
ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี ที่ความหนาของกระจกต่าง ๆ กัน 124
6.57 แสดงค่าดัชนีความสบายเชิงความร้อนของกระจกสี 2 ชั้น ติดมู่ลี่ ช่องอากาศ 13 มม.

ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสี ที่ความหนาของกระจกต่าง ๆ กัน 125
6.58 แสดงค่าความสบายเชิงความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกใส ที่ความหนากระจก 6 มม. ตัวเปล่า 126
6.59 แสดงค่าความสบายเชิงความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกใส ที่ความหนากระจก 6 มม. ติดมู่ลี่ 127
6.60 แสดงค่าความสบายเชิงความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีเขียว ที่ความหนากระจก 6 มม. ตัวเปล่า 127
6.61 แสดงค่าความสบายเชิงความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีเขียว ที่ความหนากระจก 6 มม. ติดมู่ลี่ 128
6.62 แสดงค่าความสบายเชิงความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีฟ้า ที่ความหนากระจก 6 มม. ตัวเปล่า 128
6.63 แสดงค่าความสบายเชิงความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีฟ้า ที่ความหนากระจก 6 มม. ติดมู่ลี่ 129
6.64 แสดงค่าความสบายเชิงความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีเทา ที่ความหนากระจก 6 มม. ตัวเปล่า 129
6.65 แสดงค่าความสบายเชิงความร้อนของกระจก 2 ชั้นช่องอากาศ 13 มม. ที่มีกระจกชั้นนอกเป็นกระจกสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ที่เคลือบลงบนกระจกสีเทา ที่ความหนากระจก 6 มม. ติดมู่ลี่ 130
ข.1 แสดงค่าคุณสมบัติการส่งผ่านของมู่ลี่ที่แปรตามมุมตกกระทบของรังสี ที่มุม azimuth ต่าง ๆ กัน 148
ข.2 แสดงค่าคุณสมบัติการส่งผ่านของมู่ลี่ที่แปรตามมุม azimuth ของรังสี ที่มุมตกกระทบต่าง ๆ กัน 148
ข.3 แสดงค่าคุณสมบัติการสะท้อนของมู่ลี่ที่แปรตามมุมตกกระทบของรังสี ที่มุม azimuth ต่าง ๆ กัน 149
ข.4 แสดงค่าคุณสมบัติการสะท้อนของมู่ลี่ที่แปรตามมุม azimuth ของรังสี ที่มุมตกกระทบ

ต่าง ๆ กัน 149
ข.5 แสดงค่าคุณสมบัติการส่งผ่านของมู่ลี่ที่แปรตามมุมตกกระทบของรังสี ที่มุม azimuth ต่าง ๆ กัน 150
ข.6 แสดงค่าคุณสมบัติการส่งผ่านของมู่ลี่ที่แปรตามมุม azimuth ของรังสี ที่มุมตกกระทบต่าง ๆ กัน 150
ข.7 แสดงค่าคุณสมบัติการสะท้อนของมู่ลี่ที่แปรตามมุมตกกระทบของรังสี ที่มุม azimuth ต่าง ๆ กัน 151
ข.8 แสดงค่าคุณสมบัติการสะท้อนของมู่ลี่ที่แปรตามมุม azimuth ของรังสี ที่มุมตกกระทบต่าง ๆ กัน 151

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
A_i^b	Bi - directional back absorptance	
$A_{i,M}^b$	Directional – hemispherical back absorptance	
A_i^f	Bi - directional front absorptance	
$A_{i,M}^f$	Directional – hemispherical front absorptance	
d	ความหนากระจก	mm
delta	ผลต่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน	K
E_{sw}	ความชื้นที่ผิวหนัง	W/m^2
f_{cl}	Clothing factor (the ratio of the clothed area to nude area)	
f_P	Projected area factor	
F_{ij}	View factor	
g	แรงโน้มถ่วงของโลก	m/s^2
G_i	รังสีที่ตกกระทบพื้นผิวใด ๆ ในผิวปิด	W/m^2
Gr	Grashof number	
h_c	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน	W/m^2
$h_{c,gap}$	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนช่องกระจก	W/m^2
h_o	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอก	W/m^2
h_r	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีคลื่นยาว	W/m^2
I_{cl}	Clothing thermal resistance	
I_{diff}	รังสีแสงอาทิตย์แบบกระจาย	W/m^2
I_{dir}	รังสีแสงอาทิตย์แบบตรง	W/m^2
I_{total}	รังสีแสงอาทิตย์แบบรวม	W/m^2
J_j	Radiosity	W/m^2
k	ค่าการนำความร้อนของก๊าซ	$W/m \cdot K$
k_λ	Extinction coefficient	
L_i	ความยาวของพื้นผิวในผิวปิด	mm
LPMV	Longwave Predicted Mean Vote	
M	จำนวนชั้นกระจก	
M	ระดับการทำกิจกรรม	W/m^2

M_{ij}	Infrared transfer matrix	
n	จำนวนพื้นผิวปิด	
n_λ	Refractive index	
N	จำนวนทิศทางตกกระทบ	
N_i	Inward – flowing fraction	
Nu	Nusselt number	
P	ค่าคุณสมบัติของก๊าซที่อุณหภูมิใด ๆ	
P_a	Partial pressure	kPa
PMV	Predicted Mean Vote	
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied	
P_{sat}	ความดันอิ่มตัว	kPa
q	ปริมาณความร้อนรวมเข้าอาคาร	W/m^2
$Q_{abs,i}$	ปริมาณของรังสีที่ถูกดูดกลืนไว้ในแต่ละชั้นกระจก	W/m^2
Q_i	ความร้อนสุทธิแต่ละชั้นกระจก	W/m^2
Q^r_{si}	รังสีรวมที่ผิวกระจก	W/m^2
Q^r_{sky}	รังสีคลื่นยาวจากดวงอาทิตย์	W/m^2
Ra	Rayleigh number	
RH	ความชื้นสัมพัทธ์	%
R^b_i	Longwave back reflectance	
R_k	ความต้านทานความร้อนรวมที่ผิวกระจก	m^2/W
$R^b_{M\{l,M\}}$	Bi - directional back reflectance	
R^{fH}	Directional – hemispherical front reflectance	
R^f_i	Longwave front reflectance	
$R^f_{M\{l,M\}}$	Bi - directional front reflectance	
R_{tot}	ความต้านทานความร้อนรวมทั้งหมดของระบบกระจก	m^2/W
R_λ	Total reflectance	
S_j	Radiative source vector	W/m^2
SHGC	Solar Heat Gain Coefficient	
$SHGC_B$	Solar Heat Gain Coefficient of glazing with blind	
$SHGC_d$	Direct Solar Heat Gain Coefficient	
$SHGC_D$	Diffuse Solar Heat Gain Coefficient	
$SHGC_{DG}$	Ground diffuse Solar Heat Gain coefficient	

$SHGC_{DS}$	Sky diffuse Solar Heat Gain Coefficient	
$SHGC_G$	Solar Heat Gain Coefficient of glazing system	
SPMV	Shortwave Predicted Mean Vote	
T_a	อุณหภูมิอากาศภายใน	K
T_{cl}	อุณหภูมิเสื้อผ้า	K
T_{mrt}	อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย	K
t_s	อุณหภูมิผิวหนัง	K
T	อุณหภูมิ	K
TPMV	Total Predicted Mean Vote	
T^{fH}	Directional – hemispherical front transmittance	
T_{hem}	Hemispherical transmittance	
$T^{b}_{M\{l,M\}}$	Bi – directional back transmittance	
$T^{f}_{M\{l,M\}}$	Bi - directional front transmittance	
T_λ	Total transmittance	
u^T	Auxiliary matrix	
U	สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนรวม	W/m^2
V	ความเร็วลมของอากาศภายนอก	m/s
θ	มุมตกกระทบ	degree
θ_i	อุณหภูมิกึ่งกลางกระจก	K
θ_s	อุณหภูมิผิวกระจก	K
ϕ	มุม azimuth	degree
Λ	Propagation matrix	
$\Delta\Omega$	มุม solid angle	steradian
ς	มุมหักเหของแสง	degree
ξ	พารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับสภาวะของท้องฟ้า และพื้นดิน	
ρ	Effective ground reflectance	
ρ	ค่าความหนาแน่นของก๊าซ	kg/m^3
ρ_λ	Reflectivity	
τ_λ	Transmissivity	
λ	ความยาวคลื่นแสง	nm
α_P	ค่าการดูดกลืนรังสีเฉลี่ยของคน	
α_λ	Absorption coefficient	

ε	Emissivity	
ε_P	ค่าการเปล่งรังสีเฉลี่ยของร่างกาย	
σ	Stefan – Boltzman constant	W/m^2
ω	ระยะช่องกระจก	mm
β	สัมประสิทธิ์การขยายตัวของก๊าซ	$1/K$
μ	ความหนืดของก๊าซ	$kg/m \cdot s$