สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(10)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(12)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	9
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
1.5 ขอบเขตการศึกษา	10
1.6 สรุปบทที่ 1	11
2 ทฤษฎีและหลักการ	12
2.1 ทฤษฎีทางด้านพฤติกรรมของแสง	12
2.2 ทฤษฎีทางด้านความส่องสว่าง	16
2.4 ทฤษฎีทางด้านสภาพท้องฟ้า	17
2.5 ทฤษฎีทางด้านการนำแสงธรรมชาติผ่านท่อนำแสง	18
2.6 สรุปบทที่ 2	25
3 การออกแบบท่อนำแสง	26
3.1 การจำลองต้นแบบเพื่อเลือกวัสดุท่อนำแสงด้วยโปรแกรม EnergyPlus	27
3.2 ศึกษาข้อมูลตามช่วงฤดูกาลของจังหวัดสงขลา	34
3.3 การคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์	34
3.4 การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนำแสงที่เหมาะสม	37
3.5 ผลการคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อนำแสง	39
3.6 สรุปบทที่ 3	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4 วิธีการวิจัย	41
4.1 วัสดุและอุปกรณ์	41
4.2 วิธีดำเนินการ	45
4.2.1 การศึกษาพารามิเตอร์และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	46
4.2.2 ขั้นตอนการสร้างท่อนำแสงและติดตั้งอุปกรณ์	46
4.2.3 การทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดลอง	47
4.2.4 วิธีการเก็บข้อมูลจากการวิจัย	48
4.3 สรุปบทที่ 4	50
5 ผลการทดลองและบทวิจารณ์	51
5.1 การศึกษาผลวิเคราะห์ความส่องสว่างในการใช้ท่อนำแสงร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์จากการทดลองตามสภาวะภูมิอากาศของจังหวัดสงขลา	52
5.2 การศึกษาผลวิเคราะห์การกระจายแสงผ่านท่อนำแสงที่ระยะห่างต่างๆ	54
5.3 การศึกษาเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ความส่องสว่างในการใช้แสงธรรมชาติผ่านท่อนำแสงกับการใช้แสงธรรมชาติผ่านท่อนำแสงร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์	55
5.4 การศึกษาผลวิเคราะห์ความส่องสว่างในการใช้แสงธรรมชาติผ่านท่อนำแสงและการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดแบบหน้าต่าง	56
5.5 การศึกษาผลวิเคราะห์ความส่องสว่างในการใช้แสงธรรมชาติผ่านท่อนำแสงร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์ และการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้า	58
5.6 การศึกษาผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้แสงธรรมชาติผ่านท่อนำแสง	59
5.7 สรุปบทที่ 5	59
6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	61
6.1 บทสรุป	61
6.2 ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	65
ประวัติผู้เขียน	95

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงการเปรียบค่าความสว่างในอาคารตามมาตรฐาน IES	16
3.1 ข้อมูลการจำลองต้นแบบท่อนำแสงจากโปรแกรม EnergyPlus	29
3.2 คุณสมบัติวัสดุของท่อนำแสง	33
3.3 ข้อมูลภูมิอากาศของจังหวัดสงขลา	34
4.1 การศึกษาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในระบบท่อนำแสง	46
ข 1 ข้อมูลการจำลองต้นแบบด้วยโปรแกรม EnergyPlusใช้วัสดุแบบอลูมิเนียมขัดมัน	71
ข 2 ข้อมูลการจำลองต้นแบบด้วยโปรแกรม EnergyPlus ใช้วัสดุแบบอะคริลิก	72
ค 1 ข้อมูลการคำนวณความส่องสว่างของท่อนำแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เมตร	77
ค 2 ข้อมูลการคำนวณความส่องสว่างของท่อนำแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร	78
ค 3 ข้อมูลการคำนวณความส่องสว่างของท่อนำแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร	79
ง 1 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัยวันที่ 26 เดือน มิถุนายน 2006	81
ง 2 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 27 เดือน มิถุนายน 2006	82
ง 3 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 28 เดือน มิถุนายน 2006	83
ง 4 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 29 เดือน มิถุนายน 2006	84
ง 5 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 1 เดือน กรกฎาคม 2006	85
ง 6 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 3 เดือน กรกฎาคม 2006	86
ง 7 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 5 เดือน กรกฎาคม 2006	87
ง 8 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 13 เดือน กรกฎาคม 2006	88
ง 9 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 16 เดือน กรกฎาคม 2006	89
ง 10 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 18 เดือน กรกฎาคม 2006	90
ง 11 ข้อมูลค่าความส่องสว่าง และอุณหภูมิของห้องวิจัย วันที่ 19 เดือน กรกฎาคม 2006	91

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย	3
1.2 ค่าตัวประกอบการส่องสว่างของแต่ละเดือน	5
1.3 ตำแหน่งทุกจุดตามระยะเวลา	6
1.4 ท่อนำแสงแบบ Sun scope	7
1.5 ท่อนำแสงแบบสี่เหลี่ยมมุมฉากตรง	8
1.6 การเปรียบเทียบท่อนำแสงระหว่างวัสดุเงินผิวขัดมันและอะลูมิเนียมผิวขัดมัน	9
1.7 โครงสร้างของท่อนำแสง	10
2.1 การดูดกลืนแสง	12
2.2 การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา	13
2.3 การสะท้อนแบบกระจายอย่างสมบูรณ์	13
2.4 การสะท้อนแบบกระจายกึ่งสมบูรณ์	14
2.5 การสะท้อนแบบกระจกเงา	14
2.6 การหักเหรังสีของคลื่นแสงที่ผิวรอยต่อราบ	15
2.7 คุณสมบัติของคุณภาพแสงที่ดี	15
2.8 ท่อนำแสงแบบทรงกระบอกปลายท่อด้านออกปาดมุมเอียง	19
2.9 ลักษณะการสะท้อนแสงของท่อนำแสงแบบทรงกระบอกปลายท่อด้านออกปาดมุมเอียง	19
2.10 ท่อนำแสงแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมปลายท่อด้านออกปาดมุมเอียง	20
2.11 ลักษณะการสะท้อนของท่อนำแสงแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมปลายท่อด้านออกปาดมุมเอียง	20
2.12 ท่อนำแสงแบบกรวยปลายท่อด้านเข้าขนาดใหญ่กว่าด้านออก	21
2.13 ลักษณะมุมตกกระทบของท่อนำแสงแบบกรวยปลายท่อด้านเข้าขนาดใหญ่กว่าด้านออก	21
2.14 ท่อนำแสงแบบกรวยปลายท่อด้านเข้าขนาดเล็กกว่าด้านออก	22
2.15 ลักษณะมุมตกกระทบของท่อนำแสงแบบกรวยปลายท่อด้านเข้าขนาดเล็กกว่าด้านออก	22
2.16 ท่อนำแสงหน้าตัดสี่เหลี่ยมปลายท่อด้านเข้าขนาดใหญ่กว่าด้านออก	23
2.17 มุมตกกระทบท่อนำแสงหน้าตัดสี่เหลี่ยมปลายท่อด้านเข้าขนาดใหญ่กว่าด้านออก	23
2.18 ท่อนำแสงหน้าตัดสี่เหลี่ยมปลายท่อด้านเข้าขนาดเล็กกว่าด้านออก	24
2.19 มุมตกกระทบของท่อนำแสงหน้าตัดสี่เหลี่ยมปลายท่อด้านเข้าขนาดเล็กกว่าด้านออก	24
3.1 โครงสร้างท่อนำแสงทรงกระบอกปลายท่อด้านออกปาดมุมเอียง	26

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
3.2 โครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์	26
3.3 ตำแหน่งการติดตั้งระบบท่อนำแสงภายในอาคาร	27
3.4 แผนผังกระบวนการของโปรแกรม EnergyPlus Version 1.2.2	28
3.5 ช่องเปิดและหลังคาของห้องทดลอง	30
3.6 กรอบอาคารของห้องทดลอง	30
3.7 ท่อนำแสงแบบรับแสงสว่างทางด้านบน	31
3.8 ค่าความส่องสว่างท่อนำแสงจากโปรแกรม	31
3.9 การกระจายแสงของท่อนำแสงจากโปรแกรม	32
3.10 ตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์	35
3.11 ลักษณะพฤติกรรมแสงกระทำกับผิววัสดุ	38
3.12 ความส่องสว่างของท่อนำแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 m, 0.4 m and 0.5 m	39
4.1 แผ่นอลูมิเนียมผิวขัดมัน	41
4.2 เครื่องวัดไฟฟ้าชนิดต่อเนื่อง	42
4.3 ลักซ์มิเตอร์	42
4.4 เทอร์โมคัปเปิ้ล Type K	42
4.5 Datalogger	43
4.6 บ้านประหยัดพลังงานประเภทบ้านเดี่ยว	43
4.7 ระบบติดตามการเคลื่อนของดวงอาทิตย์	44
4.8 ชุดมอเตอร์ของระบบติดตามดวงอาทิตย์	44
4.9 แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย	45
4.10 ชุดแผ่นสะท้อนภายนอกแบบแผ่นอลูมิเนียมผิวขัดมัน	46
4.11 ท่อนำแสงแบบแผ่นอลูมิเนียมผิวขัดมัน	46
4.12 ทิศทางการติดตั้งท่อนำแสง	47
4.13 การติดตั้งอุปกรณ์ท่อนำแสง	47
4.14 การวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	49
4.15 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลความส่องสว่างบริเวณภายในอาคาร	49
4.16 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิอากาศบริเวณภายในอาคาร	49

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.17 ตำแหน่งเก็บข้อมูลของการส่งผ่านแสง	50
5.1 ความส่องสว่างของห้องวิจัยก่อนติดตั้งระบบท่อนำแสงภายในอาคาร	51
5.2 ความส่องสว่างของห้องวิจัยหลังติดตั้งระบบท่อนำแสงภายในอาคาร	51
5.3 ความส่องสว่างในช่วงเวลา 9:00 ถึง 17:00 น	53
5.4 ความส่องสว่างกับระยะห่างระหว่างพื้น	54
5.5 ความส่องสว่างกับท่อนำแสงที่ใช้ร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์	55
5.6 ความส่องสว่างห้องวิจัยของระบบท่อนำแสงและการใช้ช่องเปิดแบบหน้าต่าง	57
5.7 ความส่องสว่างของการใช้ท่อนำแสงและช่องเปิดแบบหน้าต่าง	57
5.8 ความส่องสว่างห้องวิจัยของการใช้ท่อนำแสงและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	58
5.9 ความส่องสว่างของการใช้ท่อนำแสงกับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	59
ก 1 ตำแหน่งติดตั้งระบบท่อนำแสง	66
ก 2 ท่อนำแสงทรงกะบอกปลายด้านออกปาดมุมเอียง	67
ก 3 ระบบติดตามดวงอาทิตย์	68

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

T	=	การกระจายแสงแบบ 1 ลำแสง (%)
T_{2D}	=	การกระจายแสงแบบ 2 ลำแสง (%)
R	=	การสะท้อนแสง (%)
ρ	=	อัตราส่วนลักษณะท่อนำแสง
t_s	=	Solar noon
t_l	=	เวลามาตรฐานท้องถิ่น (ชั่วโมง)
L_{gs}	=	เส้นแวงหลักมาตรฐาน (องศา)
L_{gl}	=	เส้นแวงของตำแหน่งที่พิจารณา (องศา)
E_{qt}	=	สมการของเวลา (Equation of Time) ผลต่างของเวลาสุริยะ (นาที)
j_d	=	วันจูเลียน (Julian Date)
L_t	=	เส้นรุ้ง (latitude) ของตำแหน่งที่พิจารณาของสงขลา (องศา)
δ	=	มุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์ (องศา)
ω	=	มุมแทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (องศา)
E_H	=	ความส่องสว่างภายนอก (ลูเมน)
A	=	Solar altitude
ϕ	=	ฟลักซ์ส่องสว่างของท่อนำแสง (ลูเมน)
τ	=	ผลรวมการส่งผ่านของท่อนำแสง (%)
r	=	รัศมีของท่อนำแสง (เมตร)
n	=	จำนวนการสะท้อนแสงภายในท่อนำแสง (ครั้ง)
L	=	ความยาวของท่อนำแสง (เมตร)
θ	=	มุมของการสะท้อน (องศา)
S	=	ความกว้างของท่อนำแสง (เมตร)
E	=	ปริมาณการส่องสว่างบนพื้น (ลักซ์)
I	=	ความเข้มแสงในทิศทางที่พุ่งไปหาพื้นที่ (แคนเดลา)
d	=	ระยะทางระหว่างพื้นที่พิจารณากับแหล่งกำเนิดแสง (เมตร)