

ภาคผนวก ข

กรณีศึกษาการระบายความร้อนในห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของห้างสรรพสินค้า

การทำกรณีสึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ปัญหาของของไหลด้วยโปรแกรม CosmosFloWorks 2004 ในห้องที่มีลักษณะแหล่งกำเนิดความร้อน และการระบายความร้อนด้วยวิธีเดียวกันกับงานวิจัย โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณของโปรแกรม กับการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจริง

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

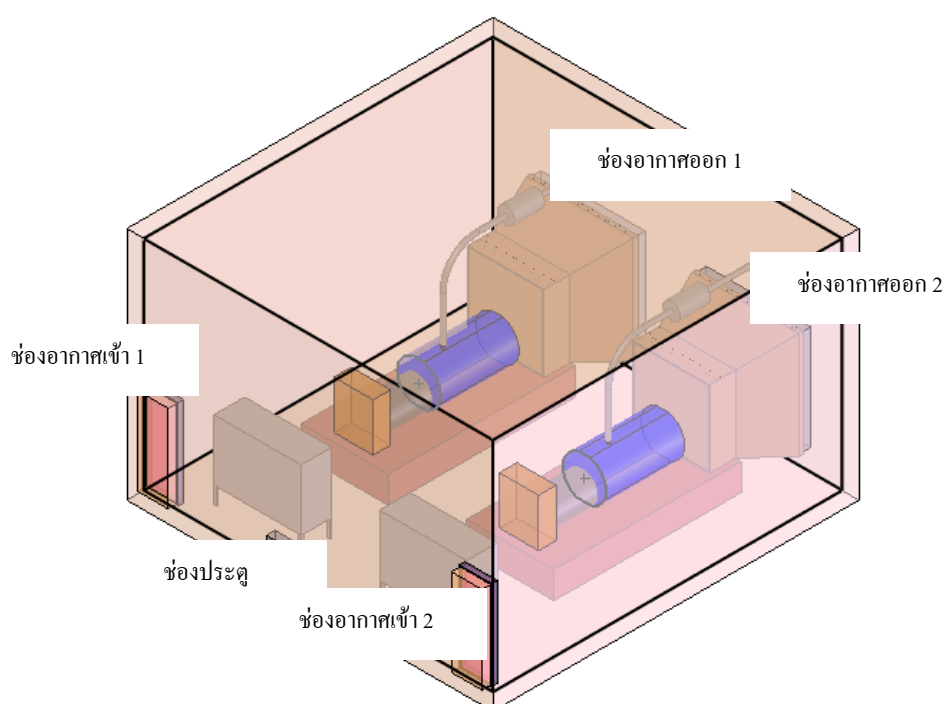
1. รายละเอียดของห้อง

ขนาดห้อง: กว้าง 8.00 ม. ยาว 8.00 ม. สูง 4.80 ม.

ช่องอากาศเข้าที่ 1 และ 2: มีขนาดต่อช่อง กว้าง 0.70 ม. สูง 2.00 ม.

ช่องประตูทางเข้า: กว้าง 1.00 ม. สูง 0.60 ม.

ช่องอากาศออกที่ 1 และ 2: มีขนาดต่อช่อง กว้าง 2.40 ม. สูง 2.40 ม.



ภาพผนวกที่ ข1 ห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกรณีสึกษาห้างสรรพสินค้า

2. การตั้งค่าทั่วไป

ตารางผนวกที่ ข1 ปัจจัยนำเข้ารูปแบบการคำนวณปัญหาการไหลของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า

หัวข้อ	ปัจจัยนำเข้า	หมายเหตุ
Units system	SI (m-kg-s)	
Analysis type	Internal	การไหลภายในปริมาตร
Exclude cavities without flow	Off	
Coordinate system	Global Coordinate System	
Reference Axis	X	
Fluid type	Air	
Flow type	Laminar and Turbulent	
High Mach number flow	Off	
Default roughness	0 micrometer	
Default wall conditions	Adiabatic wall	ไม่คิดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง

ตารางผนวกที่ ข2 ปัจจัยนำเข้าสภาวะเริ่มต้นของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า

หัวข้อ	ปัจจัยนำเข้า	หมายเหตุ
Thermodynamic parameters		
Static Pressure	101325 Pa	ความดันบรรยากาศ
Temperature	303.15 K	30 องศาเซลเซียส
Velocity parameters	0 m/s	ใช้ในการหา External flows
Turbulence parameters		
Intensity	2 %	
Length	0.126 m	

ตารางผนวกที่ ข3 ปัจจัยนำเข้าความละเอียดในการคำนวณของกรณีศึกษาห้วงสรรพสินค้า

หัวข้อ	ปัจจัยนำเข้า	หมายเหตุ
Initial Mesh Settings		Mesh ของทั้งปริมาตร
Automatic Initial Mesh	On	
Result resolution level	1	
Minimum gap size	0.03 m	
Minimum wall thickness	0.02 m	

3. แหล่งกำเนิดความร้อน

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 416/240 V. 50 Hz. Standby rating ขนาด 906 kVA. มีการถ่ายเทความร้อนดังตารางผนวกที่ ข4

ตารางผนวกที่ ข4 พลังค์ความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 906 kVA

แหล่งกำเนิดความร้อน	อัตราการถ่ายเทความร้อน (kW)	พื้นที่ผิวของแหล่งกำเนิด (m ²)	พลังค์ความร้อน (W/m ²)
การถ่ายเทความร้อนสู่บรรยากาศของ Alternator	47	2.7	17,407
การถ่ายเทความร้อนสู่บรรยากาศของ Engine	95	6.45	14,729
การถ่ายเทความร้อนสู่น้ำหล่อเย็น	426	—	—

หมายเหตุ ไม่คิดการถ่ายเทความร้อนสู่น้ำหล่อเย็น เนื่องจากความร้อนจะถูกเป่าออกภายนอกห้องโดยตรง

4. ข้อมูลด้านการระบายอากาศ

ตารางผนวกที่ ข5 ป้อนข้อมูลเข้าเงื่อนไขขอบเขตของกรณีศึกษาห้องสรรพสินค้า

หัวข้อ	ป้อนข้อมูลเข้า	หมายเหตุ
Pressure Openings	Inlet 1 : Static Pressure	ช่องอากาศเข้าที่ 1 และ 2
	Inlet 2 : Static Pressure	ช่องอากาศเข้าที่ประตู
	Outlet : Static Pressure	ช่องอากาศออกที่ 1 และ 2

ตารางผนวกที่ ข6 ป้อนข้อมูลเข้าของพัดลมในกรณีศึกษาห้องสรรพสินค้า

หัวข้อ	ป้อนข้อมูลเข้า	หมายเหตุ
Type	Internal Fan	
Fan curve	Flow 10.7 m ³ /s at 650 Pa	
Inlet flow vector direction	Normal to face	
Outlet flow vector direction	Normal to face	

5. วัสดุพรุน

ช่องอากาศเข้า 1 และ 2 เป็นบานเกล็ดระบายอากาศดังรายละเอียดในตารางที่ ข7

ตารางผนวกที่ ข7 ป้อนข้อมูลเข้าช่องอากาศเข้าที่ 1 และ 2 ของกรณีศึกษาห้องสรรพสินค้า

หัวข้อ	ป้อนข้อมูลเข้า	หมายเหตุ
Component Control Info	Disabled components: Inlet grill 1,2	
Porous medium	Mall inlet grill	
Porosity	0.60	
Permeability type	Isotropic	รูปแบบการไหลอิสระ
Resistance cal. formula	Pressure Drop, flow rate,Dimensions	

ตารางผนวกที่ ข7 (ต่อ)

หัวข้อ	ปัจจัยนำเข้า	หมายเหตุ
Pressure drop vs. Flow rate	Volumn flow rate	
Length	0.1 m	ความหนาวัสดุ
Area	1.4 m ²	

ช่องอากาศออก 1 และ 2 เป็นบานเกล็ดระบายอากาศดังรายละเอียดในตารางที่ ข8

ตารางผนวกที่ ข8 ปัจจัยนำเข้าช่องอากาศออกที่ 1 และ 2 ของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า

หัวข้อ	ปัจจัยนำเข้า	หมายเหตุ
Component Control Info	Disabled components: Outlet grill 1, 2	
Porous medium	Mall out grill	
Porosity	0.60	
Permeability type	Isotropic	รูปแบบการไหลอิสระ
Resistance cal. formula	Pressure Drop, flow rate, Dimensions	
Pressure drop vs. Flow rate	Volumn flow rate	
Length	0.1 m	ความหนาวัสดุ
Area	5.76 m ²	

ตารางผนวกที่ ข9 ปัจจัยนำเข้า Radiators ของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า

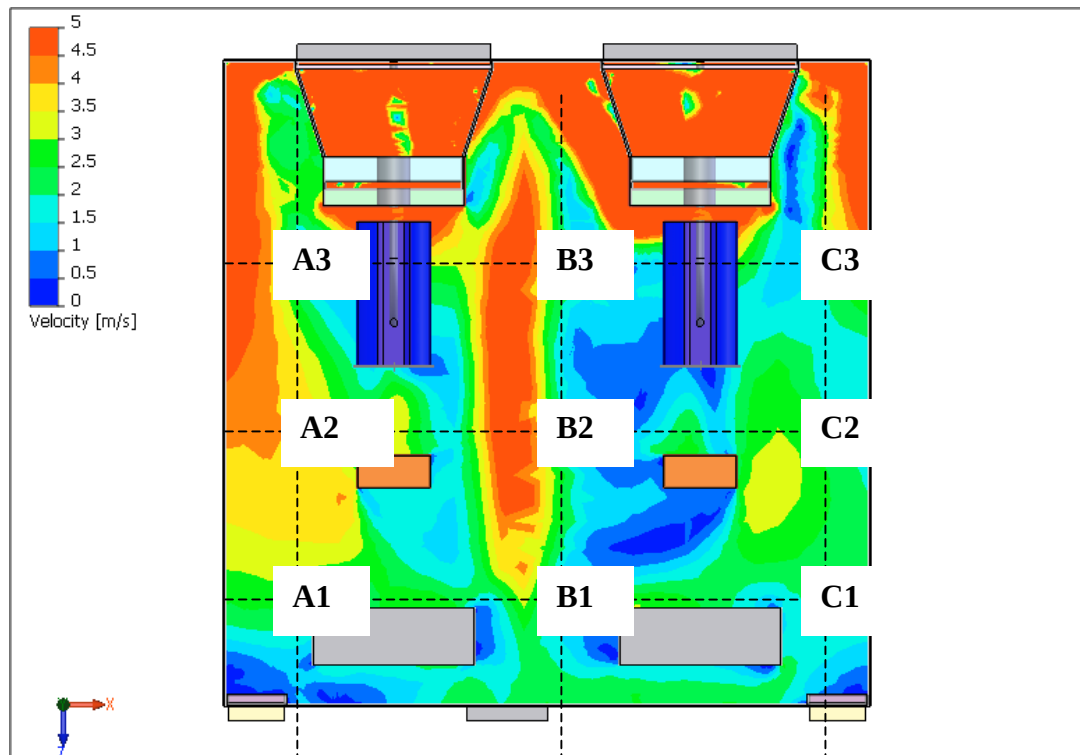
หัวข้อ	ปัจจัยนำเข้า	หมายเหตุ
Component Control Info	Disabled components: Radiator 1, 2	
Porous medium	Mall Radiator	
Porosity	0.50	
Permeability type	Isotropic	รูปแบบการไหลอิสระ
Resistance cal. formula	Pressure Drop, flow rate, Dimensions	
Pressure drop vs. Flow rate	Volumn flow rate	
Length	0.3 m	ความหนาวัสดุ
Area	2.89 m ²	

ผลการวิเคราะห์

1. ความเร็วลมภายในห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ความเร็วลมจากผลการคำนวณด้วยโปรแกรม แสดงเป็นเจดส์ดังภาพที่ ข2, ข3, ข4 และผลการเก็บข้อมูลจริงแสดงเป็นชุดข้อมูล A ถึง C

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ จะได้ความเร็วลมที่มีแนวโน้มคล้ายกัน แต่จะมีความแตกต่างที่ระดับของความเร็วแต่ละตำแหน่ง ซึ่งจะต่างกันโดยเฉลี่ย 0.60 ถึง 1.20 m/s



การเก็บข้อมูลความเร็วลมจากสถานที่จริง (m/s)

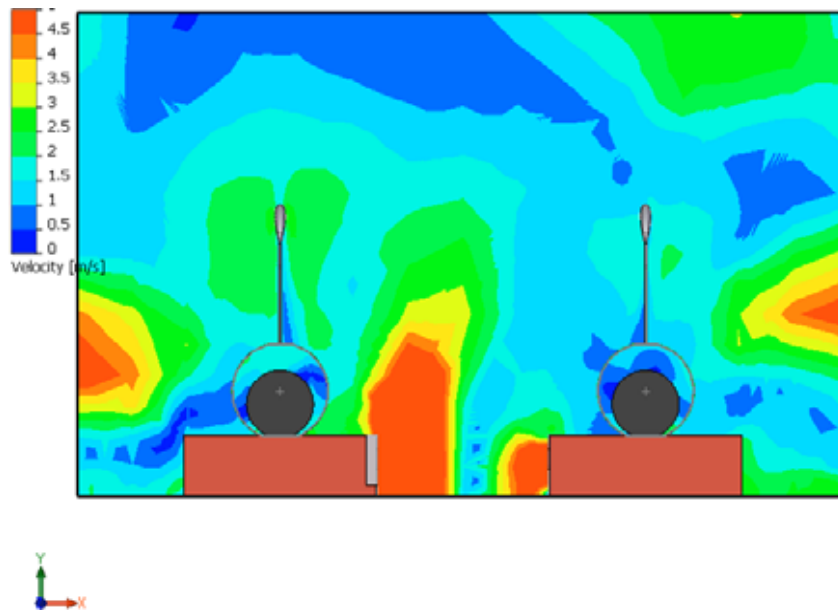
A1 = 1.8 B1 = 2.4 C1 = 1.6

A2 = 1.5 B2 = 1.7 C2 = 1.5

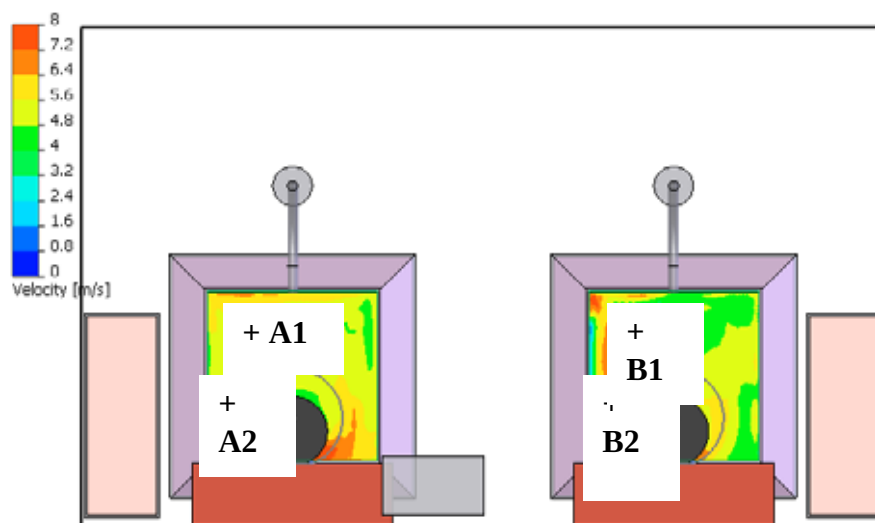
A3 = 1.3 B3 = 1.8 C3 = 1.2

มุมมองด้านบนของความเร็วลม

ภาพผนวกที่ ข2 ภาพความเร็วลมของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า



มุมมองภาพตัดของความเร็วลม



การเก็บข้อมูลความเร็วลมบริเวณหน้าพัดลม (m/s)

$$A1 = 4.5$$

$$B1 = 4.8$$

$$A2 = 5.5$$

$$B2 = 5.6$$

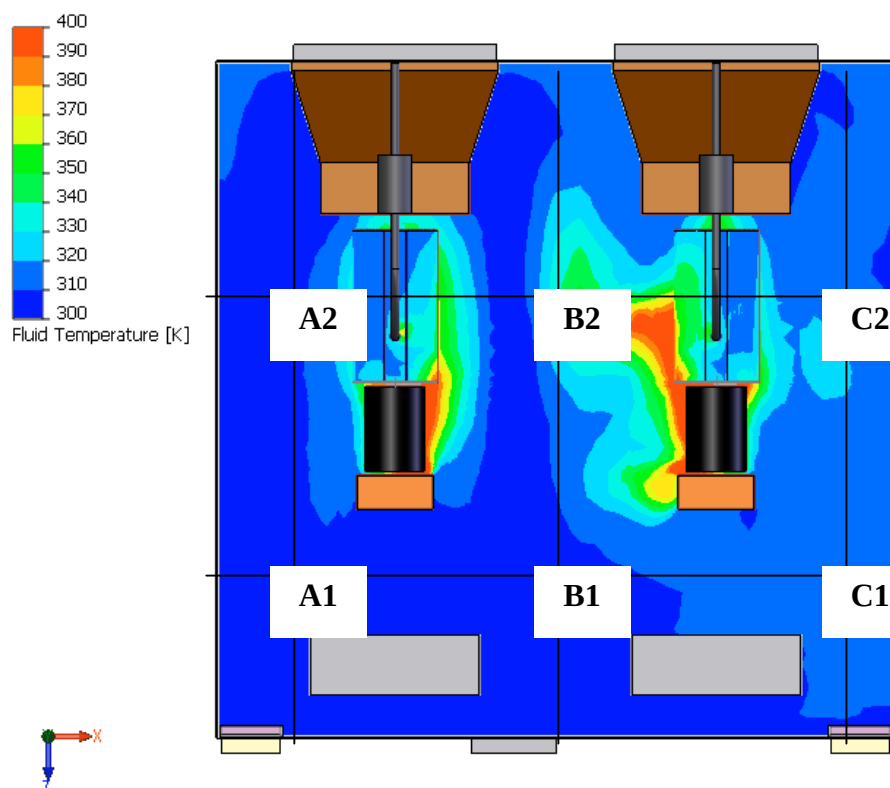
ความเร็วลมบริเวณหน้าพัดลม

ภาพผนวกที่ ข2 (ต่อ)

2. อุณหภูมิภายในห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ผลการคำนวณอุณหภูมิจากโปรแกรม เป็นดังรูปที่ ข5

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานได้ 10 นาที อุณหภูมิภายในห้องจะขึ้นมาเฉลี่ย 6 องศาเซลเซียส และผลการคำนวณจากโปรแกรมมีอุณหภูมิเฉลี่ย 7 องศาเซลเซียส การเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงมีความแตกต่างจากผลของโปรแกรมโดยเฉลี่ย 1 องศาเซลเซียส



การเก็บข้อมูลอุณหภูมิจากสถานที่จริง (องศาเซลเซียส/องศาเคลวิน)

A1 = 36 / 309.15

B1 = 35 / 308.15

C1 = 36 / 309.15

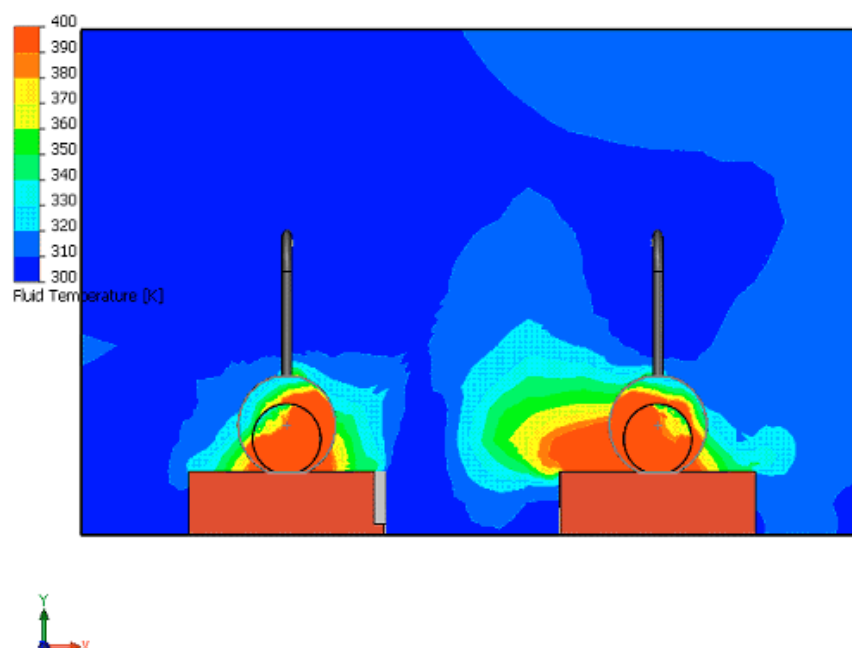
A2 = 37 / 310.15

B2 = 38 / 311.15

C2 = 37 / 310.15

มุมมองด้านบนของอุณหภูมิภายในห้อง

ภาพผนวกที่ ข3 ภาพอุณหภูมิของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า



มุมมองภาพตัดของอุณหภูมิภายในห้อง

ภาพผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การบำรุงรักษา แรงเสียดทานจากลักษณะผิวเครื่อง ความขรุขระของผิวผนังห้อง ความแม่นยำของเครื่องมือวัด และจากสภาวะที่ทำการวัดเป็นการวัดในช่วงเดินเบา 15 นาที (Weekly running test) แต่ผลจากโปรแกรมคำนวณที่สภาวะคงที่ แต่ถือได้ว่าผลความเร็วลม และอุณหภูมิมีแนวโน้มที่เป็นไปในทางเดียวกัน

ข้อมูลด้านโปรแกรม

1. ผลการคำนวณของโปรแกรม

RESULTS

General Info

Iterations: 172

Warnings: A vortex crosses the pressure opening Boundary Condition : Static Inlet ; Inlet

flow/outlet flow=0.322108

Boundary Condition : Static Inlet ; Inlet flow/outlet flow=0.402932

Calculation Mesh

Basic Mesh Dimensions

Number of cells in X 14

Number of cells in Y 8

Number of cells in Z 14

Number of Cells

Total Cells 362376

Fluid Cells 110725

Solid Cells 68583

Partial Cells 183068

Irregular Cells 22

Maximum refinement level: 6

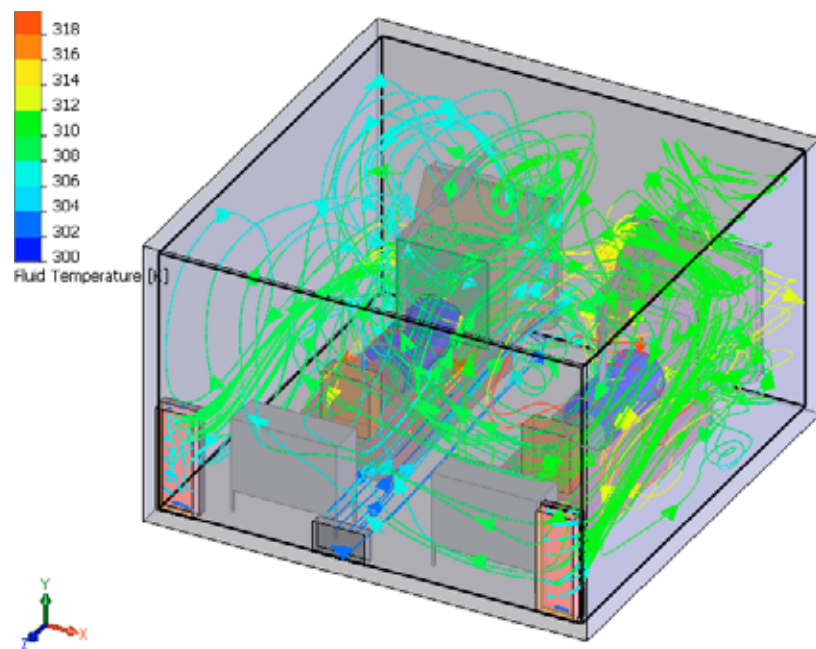
Goals

Name	Unit	Value	Progress	Use in convergence	Delta	Criteria
GG Av Ambient Temp	K	310.923	100	On	0.928977497	80.9620855
SG Av Static Inlet	Pa	101325	100	On	1.41153695	1455.32456

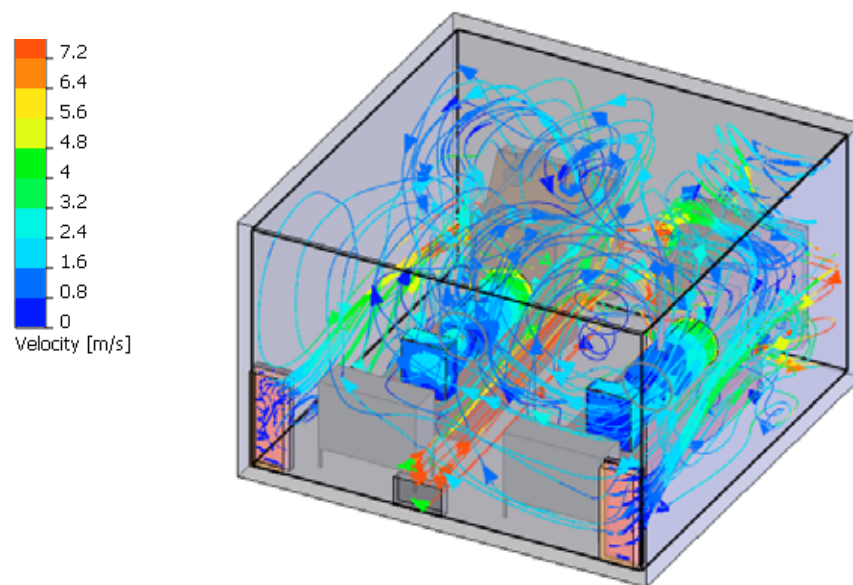
SG Max	K	2999.98	100	On	0.147435319	80.9620855
Temp Fluid1						
SG Av Static	Pa	101522	100	On	69.4489755	1455.32456
Out						

Min/Max Table

Name	Minimum	Maximum
Pressure [Pa]	98594.4	129208
Temperature [K]	302.912	2999.98
Density [kg/m ³]	0.117641	1.41904
Velocity [m/s]	0	75.7934
X-velocity [m/s]	-75.7898	74.3658
Y-velocity [m/s]	-41.6798	50.0028
Z-velocity [m/s]	-51.8321	39.9659
Mach Number []	0	0.213683
Heat Transfer Coefficient [w/m ² /K]	0	2767.91
Shear Stress [Pa]	0	22.0163
Heat Flux [W/m ²]	0	17407
Air Mass Fraction []	1	1
Air Volume Fraction []	1	1
Fluid Temperature [K]	302.912	2999.98

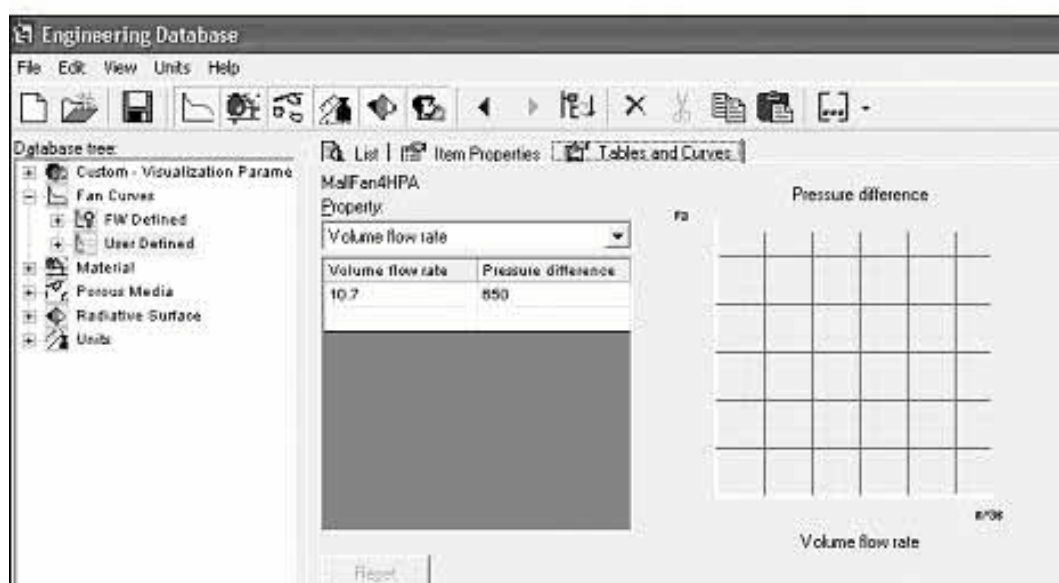
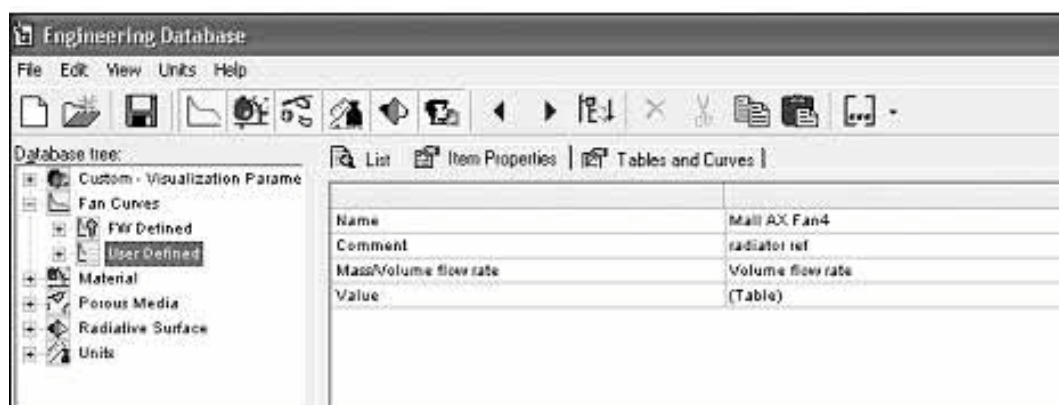


ภาพผนวกที่ ข4 แสดงการไหลของอุณหภูมิของกรณีศึกษาห้องสรรพสินค้า

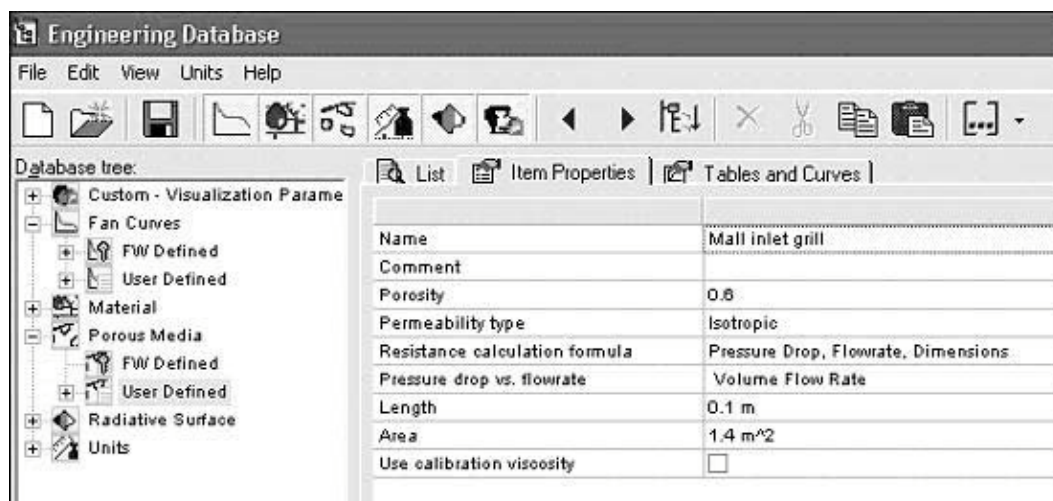


ภาพผนวกที่ ข5 แสดงความเร็วการไหลของอากาศของกรณีศึกษาห้องสรรพสินค้า

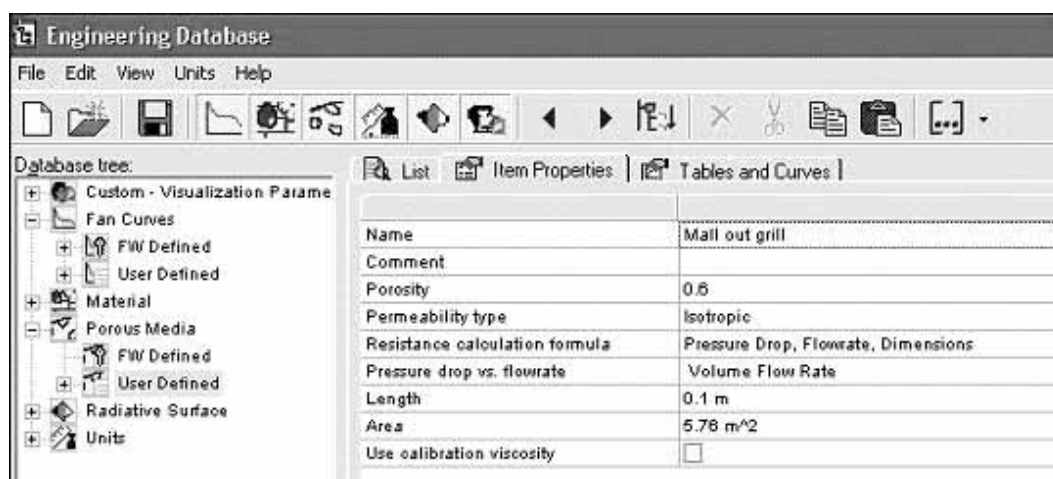
2. ข้อมูลพัดลม และวัสดุฉนวน



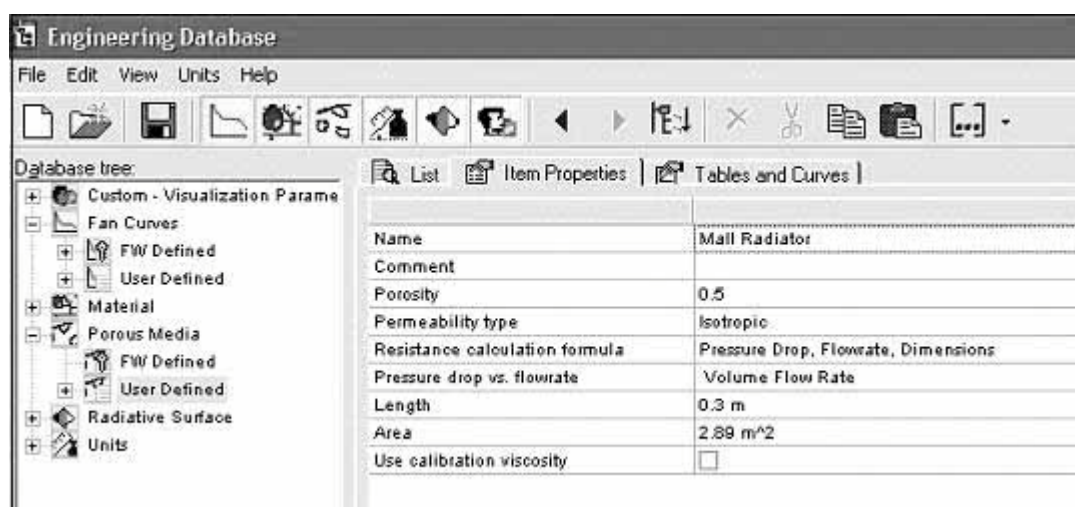
ภาพผนวกที่ ข6 แสดงข้อมูลพัดลมของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า



ภาพผนวกที่ ข7 แสดงข้อมูลบานเกร็ดด้านอากาศเข้าของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า

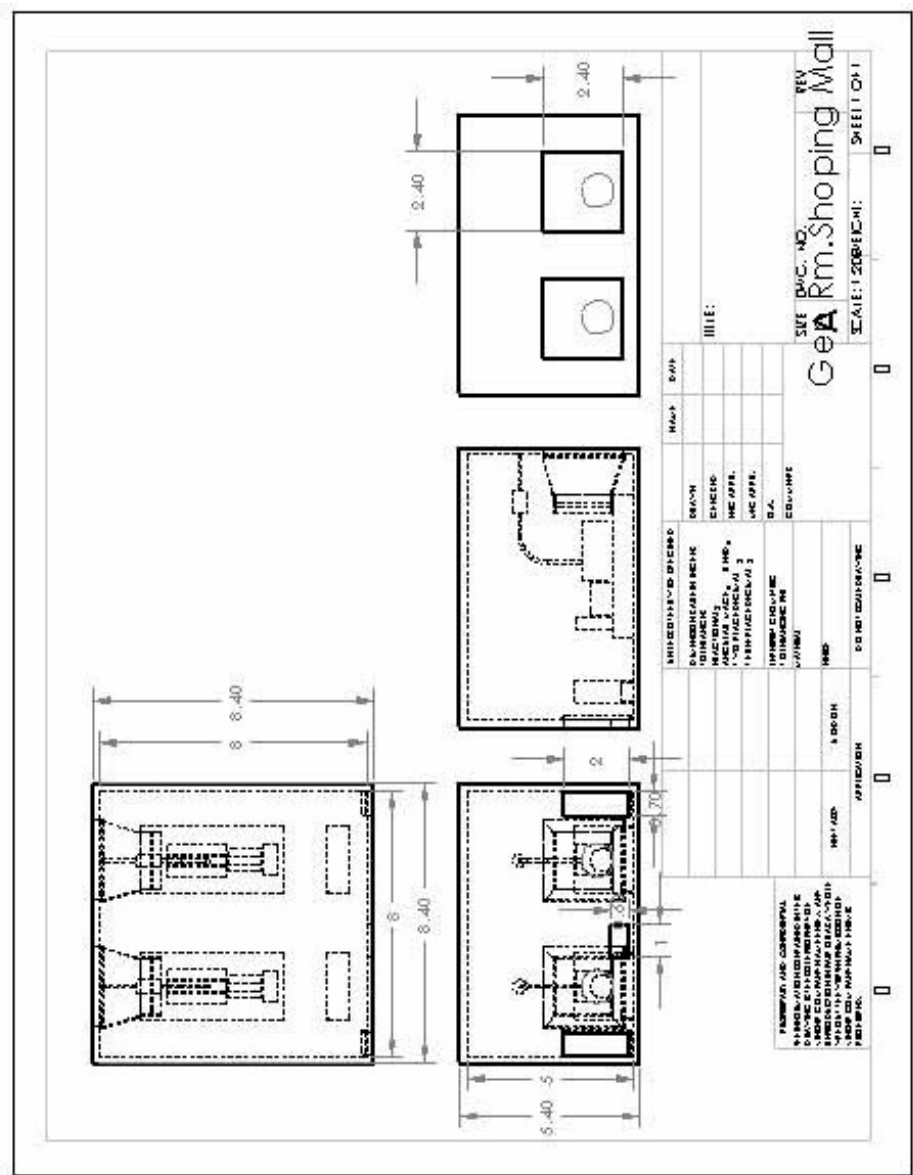


ภาพผนวกที่ ข8 แสดงข้อมูลบานเกร็ดด้านอากาศออกของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า



ภาพผนวกที่ ข9 แสดงข้อมูลรังผึ้งระบายความร้อนของกรณีศึกษาห้องสรรพสินค้า

3. ขนาด และมิติของห้อง



ภาพผนวกที่ ข10 แสดงขนาดและมิติของห้องของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า

4. ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Available Cooling Systems		
Cooling System	60 Hz	50 Hz
Ambient temperature *C (*F)	40 (105)	—
Engine jacket water capacity, L (gal.)	66.0 (17.5)	—
Radiator system capacity, including engine, L (gal.)	208 (55)	—
Engine jacket water flow, Lpm (gpm)	1098 (290)	—
Charge cooler water flow, Lpm (gpm)	337 (89)	—
Heat rejected to cooling water at rated kW, dry exhaust kW (Btu/min.)	345 (19625)	—
Heat rejected to charge cooling water at rated kW, dry exhaust kW (Btu/min.)	222 (12650)	—
Water pump type	Centrifugal	
Fan diameter, including blades, mm (in.)	1321 (52)	—
Fan kWm (HP)	27 (37)	—
Max. restriction of cooling air, intake and discharge side of rad., kPa (in. H ₂ O)	0.125 (0.5)	
Cooling System	60 Hz	50 Hz
Ambient temperature *C (*F)	—	50 (122)
Engine jacket water capacity, L (gal.)	—	76 (20)
Radiator system capacity, including engine, L (gal.)	—	190 (50)
Engine jacket water flow, Lpm (gpm)	—	946 (250)
Charge cooler water flow, Lpm (gpm)	—	—
Heat rejected to cooling water at rated kW, dry exhaust kW (Btu/min.)	—	426 (24230)
Heat rejected to charge cooling water at rated kW, dry exhaust kW (Btu/min.)	—	—
Water pump type	Centrifugal	
Fan diameter, including blades, mm (in.)	—	1118 (44) *
Fan kWm (HP)	—	22 (30) *
Max. restriction of cooling air, intake and discharge side of rad., kPa (in. H ₂ O)	0.125 (0.5) <i>Flare</i>	
Remote Radiator System*	60 Hz	50 Hz
Exhaust manifold type	Dry	
Connection sizes:		
Water inlet, mm (in.)	102 (4)	
Water outlet, mm (in.)	(2) 77 (3)	(2) 77 (3)
Intercooler inlet/outlet, mm (in.)	44.5 (1.75)	
Static head allowable above engine, kPa (ft. H ₂ O)	149 (50)	
*Contact your local distributor for cooling system options and specifications based on your specific requirements.		

*Contact your local distributor for cooling system options and specifications based on your specific requirements.

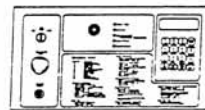
Operation Requirements

Air Requirements	60 Hz	50 Hz
Radiator-cooled cooling air, m ³ /min. (scfm)*	756 (26700) @ 40°C	642 (22700) @ 50°C
Cooling air required for genset when equipped with CWC or remote radiator, based on 14°C (25°F) rise and ambient temp. of 29°C (85°F), m ³ /min. (cfm)	555 (19600)	521 (18400)
Combustion air, m ³ /min. (cfm)	68 (2395)	45 (1600)
Heat rejected to ambient air:		
Engine kW (Btu/min.)	99 (5600)	95 (5380)
Generator kW (Btu/min.)	52 (2970)	47 (2650)

*air density = 0.075 lbm/ft³ or 1.20 kg/m³

Fuel Consumption	60 Hz	50 Hz
Diesel, Lph (gph) at % load	Standby Rating	
100%	207.1 (54.7)	179.9 (47.5)
75%	149.1 (39.4)	135.0 (35.7)
50%	101.7 (26.9)	89.4 (23.6)
25%	57.6 (15.2)	49.6 (13.1)
Diesel, Lph (gph) at % load	Prime Rating	
100%	—	163.2 (43.1)
75%	—	122.5 (32.4)
50%	—	82.1 (21.7)
25%	—	45.7 (12.1)

Controllers



Available Controllers

Decision-Maker™ 340 Controller

Audio/visual annunciation with NFPA 110, Level 1 capability
Programmable microprocessor logic with digital display
Compatible with 12-volt and 24-volt engine electrical systems
Remote start, prime power, remote annunciation, and remote communication capability

Decision-Maker™ 3+, 16-Light Controller

Audio/visual annunciation with NFPA 110, Level 1 capability
Microprocessor logic with AC meters and engine gauges
Compatible with 12-volt and 24-volt engine electrical systems
Remote start, prime power, and remote annunciation capability

Decision-Maker™ 3+, 7-Light Controller

Audio/visual annunciation with NFPA 110, Level 2 capability
Microprocessor logic with AC meters and engine gauges
Compatible with 12-volt and 24-volt engine electrical systems
Remote start, prime power, and remote annunciation capability

Oversized Meterbox Controllers

Provides additional space for optional engine oil temperature gauge, tachometer, and wattmeter

Available with 16-light or 7-light annunciation and microprocessor logic
Same features as Decision-Maker™ 3+ controller

Compatible with 12-volt and 24-volt engine electrical systems

Engine Gauge Box Controller for Paralleling Switchgear

Interfaces between generator set and switchgear for paralleling switchgear applications

Engine gauges with emergency stop switch

Compatible with 24-volt engine electrical systems only

NOTE: See the respective controller spec sheet for additional controller features and accessories.

Kohler Co., Kohler, Wisconsin 53044 U.S.A.
 920-565-3381, Web site www.kohlergenerators.com
 920-459-1646 (U.S.A. Sales), Fax 920-459-1614 (International)
 or the nearest sales and service outlet in U.S.A. and Canada
 Phone 1-800-544-2444

Singapore 619159
 Phone (65)264-6422, Fax (65)264-6422

Standard Features and Accessories

Standard Features

- Electronic, isochronous governor
- Engine shutdowns for high engine temperature, low coolant level, and low oil pressure
- Oil drain extension
- Operation and installation literature

Accessories

Open Unit

- ☐ Exhaust Silencer, Critical or Residential
- ☐ Flexible Exhaust Connector, Stainless Steel

Cooling System

- ☐ Block Heater
- ☐ High Ambient Radiator
- ☐ Radiator Duct Flange
- ☐ Remote Radiator Cooling

Fuel System

- ☐ Day Tanks
- ☐ Flexible Fuel Lines
- ☐ Fuel Filter
- ☐ Fuel Pressure Gauge

Electrical System

- ☐ Battery
- ☐ Battery Charger, Equalize/Float Type
- ☐ Battery Charger, Trickle Type
- ☐ Battery Heater
- ☐ Battery Rack and Cables

Engine and Generator

- ☐ Air Cleaner, Heavy Duty
- ☐ Air Cleaner Restriction Indicator
- ☐ Bus Bar Kits (standard on 7M generators, 380-600 volt only)
- ☐ Generator Strip Heater
- ☐ Line Circuit Breaker (NEMA type 1 Enclosure)
- ☐ Line Circuit Breaker with Shunt Trip (NEMA1 Enclosure)
- ☐ NFPA 110 Literature
- ☐ Optional Generators
- ☐ Rated Power Factor Testing
- ☐ Safeguard Breaker
- ☐ Spring Isolators

Paralleling System

- ☐ Load-sharing Module
- ☐ Reactive Droop Compensator
- ☐ Remote Speed Adjust Potentiometer/Electronic Governor
- ☐ Voltage Adjust Potentiometer
- ☐ Voltage Regulator Relocation Kit

Maintenance

- ☐ General Maintenance Literature Kit
- ☐ Maintenance Kit (includes air, oil, and fuel filters)
- ☐ Overhaul Literature Kit
- ☐ Production Literature Kit

Controller (Decision-Maker™ 340 and Decision-Maker™ 3+)

- ☐ Common Failure Relay Kit
- ☐ Communication Products and PC Software (Decision-Maker™ 340 controller only)
- ☐ Controller Cable, 12 m (40 ft.)
- ☐ Customer Connection Kit
- ☐ Dry Contact Kit (Isolated Alarm)
- ☐ Engine Prealarm Sender Kit
- ☐ Prime Power Switch (Decision-Maker™ 340 controller only)
- ☐ Remote Annunciator Panel
- ☐ Remote Audio/Visual Alarm Panel
- ☐ Remote Emergency Stop Kit
- ☐ Run Relay Kit

Miscellaneous Accessories

- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____
- ☐ _____

WEIGHTS AND DIMENSIONS

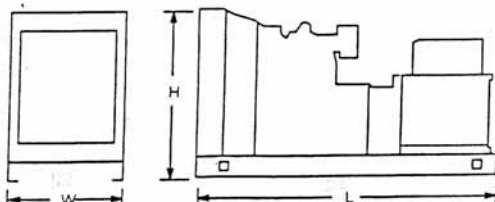
Overall Size (max.), L x W x H, mm (in.):

60 Hz: 4230 x 1738 x 2210 (166.54 x 68.42 x 87.01)

50 Hz: 4422 x 1600 x 2103 (174.09 x 62.98 x 82.80)

Weight (max.) (Radiator Model), wet kg (lbs.):

50/60 Hz: 5550 (12238)



NOTE: This drawing is provided for reference only and should not be used for planning installation. Contact your local distributor for more detailed information.

DISTRIBUTED BY:

© Kohler Co., 1998. All rights reserved.

G5-162 (750ROZD-4) 11/98

5. ภาพถ่ายห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ด้านหน้าห้องและบานเกล็ดระบายอากาศ



เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 ชุด

ภาพผนวกที่ ข11 ภาพถ่ายห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกรณีศึกษาห้างสรรพสินค้า