รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. 1,000 เล่ม. ครั้งที่ 1. ม.ป.ท., 2536.

ตระการ ก้าวกสิกรรม, นาวาอากาศตรี. คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพมหานคร: หจก. นำอักษรการพิมพ์, 2537.

บรรพต แสงเขียว. สิ่งที่จูงใจให้มีการประยุกต์ใช้ระบบ Ice Storage ในอาคาร. การสัมนาทางวิชาการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน. โดยสถาบันพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 21-22 มิถุนายน 2537.

พงษ์พุธ มหาโชคเลิศวัฒนา. ระบบ Ice Harvester. การสัมนาทางวิชาการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน. โดยสถาบันพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 21-22 มิถุนายน 2537.

ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS. ASHRAE, 1993

_____. ASHRAEHANDBOOK HVAC Applications. ASHRAE, 1991

Bundit Limmeechokchai, Ice Storage System for Commercial Building: Case Studies in Taiwan and Thailand. Workshop on Building Energy Management. pp. 265-278 Bangkok Thailand, April,1993

Dorgan Charles E. and Elleson James S., DESIGN GUIDE FOR COOL THERMAL STORAGE. ASHRAE, 1993.

Dossat, Roy J. PRINCIPLES OF REFRIGERATION. 3 rd. ed., Prentice-Hall international, 1991.

Incropera, Frank P. and Dewitt, David P., FUNDAMENTALS OF HEAT AND MASS TRANSFER. 3 rd. ed., John Wiley & Sons, 1990.

Lorsch, Harold G. AIR-CONDITIONING SYSTEMS DESIGN MANUAL. ASHRAE, 1993

S. sairam and A.H. Azit, Thermal Energy Storage and Its Implications for Utility Demand and Supply. Proceeding of The Asian Special Sessions of The ASHRAE Far East Conference on Air Conditioning in Hot Climates. pp. 37-48 Kuala Lumpur Malaysia, October 26-28, 1989.

S.C. Bhattacharya, Energy Management by Cool thermal Storage. Workshop on Building Energy Management. pp. 129-140 Bangkok Thailand, April 22-26, 1991.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลอาคาร (input file) ของอาคาร ปตท. ที่ใช้ในการประมาณค่าการใช้พลังงานในอาคาร ปตท. ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมด้วยโปรแกรม BLAST

```
*******************************************************************************
****                        INPUT FILE FOR PTT BUILDING                    ****
*******************************************************************************

*******************************************************************************
**                                LOAD INPUT                                 **
*******************************************************************************

    BEGIN INPUT;
     RUN CONTROL:
       NEW ZONES,
       NEW AIR SYSTEMS,
       PLANT,
       REPORTS(ZONE LOAD,SYSTEM LOADS,PLANT LOADS,COIL LOADS),
       UNITS(IN=ENGLISH, OUT=ENGLISH);
       TEMPORARY LOCATION:
         THAILAND
           = (LAT=13.73,LONG=-100.57,TZ=17);
       END;
       TEMPORARY DESIGN DAYS:
         SUMMER DESIGN DAY
           = (HIGH=95.0,LOW=77.0,WB=82.0,DATE=21APR,PRES=405.36,
             WS=660.0,DIR=45.40,CLEARNESS=1.00,WEEKDAY);
       END;
       TEMPORARY MATERIALS:
         ABS09
           = (L=0.030,K=0.3600,D=55.0,CP=0.680,ABS=0.92,
           TABS=0.900,SMOOTH);
         ABS12
           = (L=0.039,K=.360000,D=55.0,CP=0.6800,ABS=0.92,
           TABS=0.900,SMOOTH);
         CEILING AIRSPACE
           =(AIR,R=1.0);
         VERTICAL AIRSPACE
           = (AIR,R=0.97);
         C010
           = (L=0.3333,K=1.00000,D=140.0,CP=0.200,ABS=0.65,
           TABS=0.900,MEDIUM ROUGH);
         C015
           = (L=0.5000,K=1.00000,D=140.0,CP=0.200,ABS=0.65,
           TABS=0.900,MEDIUM ROUGH);
         C020
           = (L=0.6667,K=1.00000,D=140.0,CP=0.200,ABS=0.65,
           TABS=0.900,MEDIUM ROUGH);
         C300
           = (L=1.0000,K=1.00000,D=140.0,CP=0.200,ABS=0.65,
           TABS=0.900,MEDIUM ROUGH);
         C600
           = (L=2.0000,K=1.0000,D=140.0,CP=0.200,ABS=0.65,
           TABS=0.900,MEDIUM ROUGH);
         CARPET RUBBER PAD
           = (SMOOTH,R=1.230,TABS=0.90,ABS=0.75);
         CERAMIC
           = (R=0.080,ABS=0.50,TABS=0.900,VERY SMOOTH);
         FINISH
           = (VERY SMOOTH , TABS= 0.90 ,ABS =0.83,
              L=0.0417,K=0.2400,D=78.0,CP=0.26);
         GLASS WIN
           = (R=0.047,SC=0.85,VERY SMOOTH,GLASS);
         GLASS DOOR
           = (R=0.062,SC=0.85,VERY SMOOTH,GLASS);
         GRANITE
           = (L=0.030,K=0.3600,D=55.0,CP=0.680,ABS=0.92,
           TABS=0.900,SMOOTH);
         WOOD
           = (L=0.0417,K=0.262,D=34.0,CP=0.941,ABS=0.78,
           TABS=0.900,SMOOTH);
```

```
END;
TEMPORARY WALLS:
  GRANITE WALL
    = (GRANITE ,
       C600 ,
       GRANITE);
  FINISH WALL
    = (FINISH ,
       C600,
       FINISH);
  TOILET PARTITION
    = (CERAMIC ,
       C300 ,
       FINISH);
  LIFT PARTITION
    = (FINISH ,
       C300 ,
       FINISH);
  PARTITION
    = (ABS12 ,
       VERTICAL AIRSPACE ,
       ABS12);
  WOOD PARTITION
    = (WOOD ,
       VERTICAL AIRSPACE ,
       WOOD);
  TOWER B WALL
    = (FINISH ,
       C010 ,
       FINISH);
  INTERNAL MASS CEILING
    = (ABS09);
  INTERNAL MASS FLOOR
    = (C015 ,
       CARPET RUBBER PAD);
END;
TEMPORARY ROOFS:
  INTERNAL ROOF
    = (CARPET RUBBER PAD ,
       C015);
  ROOF
    = (C015);
END;
TEMPORARY FLOORS:
 INTERNAL FLOOR
    = (C015 ,
       CARPET RUBBER PAD);
END;
TEMPORARY WINDOWS:
  WIN1
    = (GLASS WIN);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (LIFT LOBBY OCCUPANCY):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.50,0.50,1.0,1.00,0.50,
  1.00,1.00,1.00,0.50,0.50,1.00,1.00,1.0,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SATURDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.10,
  0.10,0.10,0.10,0.10,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.10,
  0.10,0.10,0.10,0.10,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (GENERAL OCCUPANCY):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.30,1.00,1.00,
  1.00,1.00,0.20,1.00,1.00,1.00,1.00,0.10,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SATURDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (COMPUTER FLOOR OCCUPANCY):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.30,1.00,1.00,
  1.00,1.00,0.20,1.00,1.00,1.00,1.00,0.10,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SATURDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.0),
```

```
  SUNDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.0),
  HOLIDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.0),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (CANTEEN OCCUPANCY):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,0.20,0.10,
  0.10,1.00,1.00,0.10,0.10,0.10,0.10,0.10,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SATURDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (LIFT LOBBY LIGHTING):
  MONDAY THRU FRIDAY=(1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0),
  SATURDAY=(1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0),
  SUNDAY=(1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0),
  HOLIDAY=(1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0),
  SPECIAL1=(1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0),
  SPECIAL2=(1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0),
  SPECIAL3=(1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0),
  SPECIAL4=(1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.0,1.00,1.00,1.00,1.00,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (GENERAL LIGHTING):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.20,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,0.40,1.00,1.00,1.00,1.00,0.50,0.20,0.10,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SATURDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.20,
  0.20,0.20,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SUNDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  HOLIDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SPECIAL1=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SPECIAL2=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SPECIAL3=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SPECIAL4=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,
  0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (COMPUTER FLOOR LIGHTING):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.50,1.00,1.00,
  1.00,1.00,0.50,1.00,1.00,1.00,1.00,0.50,0.50,0.50,0.30,0.30,0.30,0.30),
  SATURDAY=(0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.20,
  0.20,0.20,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30),
  SUNDAY=(0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,
  0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30),
  HOLIDAY=(0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,
  0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30),
  SPECIAL1=(0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,
  0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30),
  SPECIAL2=(0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,
  0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30),
  SPECIAL3=(0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,
  0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30),
  SPECIAL4=(0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,
  0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30,0.30);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (CANTEEN LIGHTING):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.80,1.0,1.00,1.00,0.30,
  1.00,1.00,1.00,0.30,0.30,0.30,0.30,0.20,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SATURDAY=(0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.20,0.50,
  0.50,0.50,0.50,0.50,0.50,0.20,0.20,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05,0.05),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
```

```
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
 TEMPORARY SCHEDULE (LIFT LOBBY FAN):
  MONDAY THRU FRIDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SATURDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SUNDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  HOLIDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL1=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL2=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL3=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL4=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (GENERAL1 FAN):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SATURDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (GENERAL2 FAN):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SATURDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;


TEMPORARY SCHEDULE (COMPUTER FLOOR FAN1):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SATURDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.50,0.50,0.50,0.50,
  0.50,0.50,0.50,0.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.50,0.50,0.50,0.50,
  0.50,0.50,0.50,0.50,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (COMPUTER FLOOR FAN2):
  MONDAY THRU FRIDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SATURDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SUNDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  HOLIDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
```

```
  SPECIAL1=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL2=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL3=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL4=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (CANTEEN FAN):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SATURDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (MAIN CHILLER):
  MONDAY THRU FRIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.50,0.30,0.30,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SATURDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.30,0.30,0.30,0.30,
  0.30,0.30,0.30,0.30,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SUNDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  HOLIDAY=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL1=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL2=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL3=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00),
  SPECIAL4=(0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00);
END;
TEMPORARY SCHEDULE (SMALL CHILLER):
  MONDAY THRU FRIDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,0.00,0.00,0.00,0.00,
  0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,0.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SATURDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SUNDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  HOLIDAY=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL1=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL2=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL3=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00),
  SPECIAL4=(1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,
  1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00,1.00);
END;

TEMPORARY CONTROLS (GENERAL1 CONTROL):
  PROFILES:
    CPTT1=(1.0000 AT 55.00, 0.0000 AT 55.00, 0.0000 AT 77.00,
                -1.0000 AT 77.00),
    CPTT2=(1.0000 AT 55.00, 0.0  AT 55.0 ,0.0 AT 100.0);
  SCHEDULES:
    MONDAY THRU FRIDAY=(5 TO 18-CPTT1,18 TO 5-CPTT2),
    SATURDAY=(0 TO 24-CPTT2),
    SUNDAY=(0 TO 24-CPTT2),
    HOLIDAY=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL1=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL2=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL3=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL4=(0 TO 24-CPTT2);
END;
TEMPORARY CONTROLS (GENERAL2 CONTROL):
  PROFILES:
    CPTT1=(1.0000 AT 55.00, 0.0000 AT 55.00, 0.0000 AT 77.00,
                -1.0000 AT 77.00),
    CPTT2=(1.0000 AT 55.00, 0.0  AT 55.0 ,0.0 AT 100.0);
  SCHEDULES:
    MONDAY THRU FRIDAY=(5 TO 20-CPTT1,20 TO 5-CPTT2),
    SATURDAY=(8 TO 14-CPTT1,14 TO 8-CPTT2),
    SUNDAY=(8 TO 14-CPTT1,14 TO 8-CPTT2),
    HOLIDAY=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL1=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL2=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL3=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL4=(0 TO 24-CPTT2);
```

```
END;

TEMPORARY CONTROLS (FLOOR CONTROL):
  PROFILES:
    CPTT2=(1.0000 AT 55.00, 0.0  AT 55.0 ,0.0 AT 100.0);
  SCHEDULES:
    MONDAY THRU FRIDAY=(0 TO 24-CPTT2),
    SATURDAY=(0 TO 24-CPTT2),
    SUNDAY=(0 TO 24-CPTT2),
    HOLIDAY=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL1=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL2=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL3=(0 TO 24-CPTT2),
    SPECIAL4=(0 TO 24-CPTT2);
END;
TEMPORARY CONTROLS (COMPUTER FLOOR CONTROL):
  PROFILES:
    CPTT3=(1.0000 AT 55.00, 0.0000 AT 55.00, 0.0000 AT 75.00,
                -1.0000 AT 75.00);
  SCHEDULES:
    MONDAY THRU FRIDAY=(0 TO 24-CPTT3),
    SATURDAY=(0 TO 24-CPTT3),
    SUNDAY=(0 TO 24-CPTT3),
    HOLIDAY=(0 TO 24-CPTT3),
    SPECIAL1=(0 TO 24-CPTT3),
    SPECIAL2=(0 TO 24-CPTT3),
    SPECIAL3=(0 TO 24-CPTT3),
    SPECIAL4=(0 TO 24-CPTT3);
END;
PROJECT="PTT BUILDING TEST1";
LOCATION=THAILAND ;
DESIGN DAYS=SUMMER DESIGN DAY ;
WEATHER TAPE FROM 01JAN THRU 31DEC;
REPORT FILE FROM 01JAN THRU 31DEC;
GROUND TEMPERATURES=(67,67,67,67,67,67,67,67,67,67,67,67);

*******************************************************************************
**                          BUILDING DESCRIPTION                             **
*******************************************************************************

BEGIN BUILDING DESCRIPTION;
 BUILDING="PTT BUILDING ";
   NORTH AXIS=45.00;
   SOLAR DISTRIBUTION=-1;
   ZONE 1 "LIFT LOBBY ":
     ORIGIN:(0.00, 0.00, 0.00);
     NORTH AXIS=0.00;
   EXTERIOR WALLS:
       STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
       FACING(180.00)
       TILTED(90.00)
       GRANITE WALL (120.05 BY 32.80),
       STARTING AT(49.2, 0.00, 0.00)
       FACING(90.00)
       TILTED(90.00)
       GRANITE WALL (120.05 BY 32.80),
       STARTING AT(49.2, 11.8, 0.00)
       FACING(0.00)
       TILTED(90.00)
       GRANITE WALL (120.05 BY 32.8),
       STARTING AT(0, 11.8, 0.00)
       FACING(270.00)
       TILTED(90.00)
       GRANITE WALL (120.05 BY 32.8);
     FLOORS :
       STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
       FACING(180.00)
       TILTED(180.00)
       INTERNAL FLOOR (120.05 BY 120.05);
     INTERZONE CEILINGS:
       STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
       FACING(180.00)
       TILTED(180.00)
       INTERNAL ROOF (120.05 BY 120.05)
       ADJACENT TO ZONE (2);
     INTERNAL MASS: INTERNAL MASS CEILING
       ( 177.12 BY 3.28);
     INTERNAL MASS: INTERNAL MASS FLOOR
       ( 177.12 BY 3.28);
     INTERNAL MASS:  LIFT PARTITION
       (196.80 BY 26.24);
     PEOPLE=20,LIFT LOBBY OCCUPANCY ,
       AT ACTIVITY LEVEL 0.51, 0.00 PERCENT RADIANT,
       FROM 01JAN THRU 31DEC;
     LIGHTS=72.0,LIFT LOBBY LIGHTING ,
         0.00 PERCENT RETURN AIR,20.00 PERCENT RADIANT,
        20.00 PERCENT VISIBLE, 0.00 PERCENT REPLACEABLE,
       FROM 01JAN THRU 31DEC;
     CONTROLS=FLOOR CONTROL,
         0.0 HEATING, 700.0 COOLING,
         0.00 PERCENT MRT,
       FROM 01JAN THRU 31DEC;
```

```
  INFILTRATION=3200.00,CONSTANT ,
    WITH COEFFICIENTS  (0.606000, 0.020200, 0.000598, 0.000000),
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  VENTILATION=3200.00,CONSTANT ,
      0.00 MIN TEMP, 12.00 DEL TEMP,
      1.00 EXHAUST FAN PRESSURE, 0.80 FAN EFFICIENCY,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  ELECTRIC EQUIPMENT=10.00,LIFT LOBBY LIGHTING ,
     30.00 PERCENT RADIANT, 0.00 PERCENT LATENT, 0.00 PERCENT LOST,
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  REPORT VARIABLES=(5,10);
END ZONE;
ZONE 2 "THIRD FLOOR ":
  ORIGIN:(0.00, 0.00, 32.80);
  NORTH AXIS=0.00;
  EXTERIOR WALLS :
    STARTING AT(0.00, 0.00,0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 13.12)
      WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(120.05, 0.00, 0.00)
    FACING(90.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 13.12)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
       WIN1 (4.64 BY 11.6)
         REVEAL(2.34)
          AT (0.01, 0.01)
       WITH WINDOWS OF TYPE
```

```
    WIN1 (4.64 BY 11.6)
      REVEAL(2.34)
       AT (0.01, 0.01)
    WITH WINDOWS OF TYPE
    WIN1 (4.64 BY 11.6)
      REVEAL(2.34)
       AT (0.01, 0.01)
    WITH WINDOWS OF TYPE
    WIN1 (4.64 BY 11.6)
      REVEAL(2.34)
       AT (0.01, 0.01)
    WITH WINDOWS OF TYPE
    WIN1 (4.64 BY 11.6)
      REVEAL(2.34)
       AT (0.01, 0.01)
    WITH WINDOWS OF TYPE
    WIN1 (4.64 BY 11.6)
      REVEAL(2.34)
       AT (0.01, 0.01)
    WITH WINDOWS OF TYPE
    WIN1 (4.64 BY 11.6)
      REVEAL(2.34)
       AT (0.01, 0.01)
    WITH WINDOWS OF TYPE
    WIN1 (4.64 BY 11.6)
      REVEAL(2.34)
       AT (0.01, 0.01),
STARTING AT(120.05, 120.05, 0.00)
FACING(0.00)
TILTED(90.00)
FINISH WALL (120.05 BY 13.12)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01),
STARTING AT(0.00, 120.05, 0.00)
FACING(270.00)
TILTED(90.00)
FINISH WALL (120.05 BY 13.12)
  WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
```

```
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01)
         WITH WINDOWS OF TYPE
         WIN1 (4.64 BY 11.6)
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01)
         WITH WINDOWS OF TYPE
         WIN1 (4.64 BY 11.6)
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01)
         WITH WINDOWS OF TYPE
         WIN1 (4.64 BY 11.6)
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01)
         WITH WINDOWS OF TYPE
         WIN1 (4.64 BY 11.6)
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01)
         WITH WINDOWS OF TYPE
         WIN1 (4.64 BY 11.6)
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01)
         WITH WINDOWS OF TYPE
         WIN1 (4.64 BY 11.6)
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01)
         WITH WINDOWS OF TYPE
         WIN1 (4.64 BY 11.6)
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01)
         WITH WINDOWS OF TYPE
         WIN1 (4.64 BY 11.6)
          REVEAL(2.34)
           AT (0.01, 0.01);
  INTERZONE FLOORS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 13.12)
    FACING(180.00)
    TILTED(180.00)
    INTERNAL FLOOR (120.05 BY 120.05)
    ADJACENT TO ZONE (1);
  INTERZONE CEILINGS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 44.92)
    FACING(0.00)
    TILTED(0.00)
    INTERNAL ROOF (120.05 BY 120.05)
    ADJACENT TO ZONE (3);
  INTERNAL MASS: INTERNAL MASS CEILING
    ( 302.65 BY 100.00);
  INTERNAL MASS: LIFT PARTITION
    (196.8 BY 13.12);
  INTERNAL MASS: PARTITION
    (820 BY 13.12);
  PEOPLE=100,GENERAL OCCUPANCY ,
    AT ACTIVITY LEVEL 0.51, 0.00 PERCENT RADIANT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  LIGHTS=72.0,GENERAL LIGHTING ,
      0.00 PERCENT RETURN AIR, 20.00 PERCENT RADIANT,
     20.00 PERCENT VISIBLE, 0.00 PERCENT REPLACEABLE,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  ELECTRIC EQUIPMENT=42.00,GENERAL LIGHTING,
     30.00 PERCENT RADIANT, 0.00 PERCENT LATENT, 0.00 PERCENT LOST,
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  CONTROLS=GENERAL1 CONTROL,
      0.0 HEATING, 350.0 COOLING,
      0.00 PERCENT MRT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
     INFILTRATION=1600.00,CONSTANT ,
    WITH COEFFICIENTS  (0.606000, 0.020200, 0.000598, 0.000000),
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
   REPORT VARIABLES=(5,10);
END ZONE;
ZONE 3 "4TH-12TH FLOOR ":
  ORIGIN:(0.00, 0.00, 45.92);
  NORTH AXIS=0.00;
  EXTERIOR WALLS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 118.08)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (34.09 BY 85.22)
        REVEAL(17.04)
        AT (0.01, 0.01)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (34.09 BY 85.22)
        REVEAL(17.04)
        AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(120.05, 0.00, 0.00)
    FACING(90.00)
```

```
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 118.08)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (34.09 BY 85.22)
        REVEAL(17.04)
        AT (0.01, 0.01)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (34.09 BY 85.22)
        REVEAL(17.04)
        AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(120.05, 120.05, 0.00)
    FACING(0.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 118.08)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (34.09 BY 85.22)
        REVEAL(17.04)
        AT (0.01, 0.01)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (34.09 BY 85.22)
        REVEAL(17.04)
        AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(0.00, 120.05, 0.00)
    FACING(270.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 118.08)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (34.09 BY 85.22)
        REVEAL(17.04)
        AT (0.01, 0.01)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (34.09 BY 85.22)
        REVEAL(17.04)
        AT (0.01, 0.01);
  INTERZONE FLOORS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(180.00)
    INTERNAL FLOOR (120.05 BY 120.05)
    ADJACENT TO ZONE (2);
  INTERZONE CEILINGS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 118.08)
    FACING(0.00)
    TILTED(0.00)
    INTERNAL ROOF (120.05 BY 120.05)
    ADJACENT TO ZONE (4);
  INTERNAL MASS: INTERNAL MASS CEILING
    ( 360.15 BY 360.15);
  INTERNAL MASS: INTERNAL MASS FLOOR
    ( 360.15 BY 360.15);
  INTERNAL MASS: LIFT PARTITION
    ( 196.80  BY 118.08);
  INTERNAL MASS: PARTITION
    (5125.49 BY 13.12);
  PEOPLE=1058,GENERAL OCCUPANCY ,
    AT ACTIVITY LEVEL 0.51, 0.00 PERCENT RADIANT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  LIGHTS=648.00,GENERAL LIGHTING ,
      0.00 PERCENT RETURN AIR, 20.00 PERCENT RADIANT,
     20.00 PERCENT VISIBLE, 0.00 PERCENT REPLACEABLE,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  ELECTRIC EQUIPMENT=374.00,GENERAL LIGHTING,
     30.00 PERCENT RADIANT, 0.00 PERCENT LATENT, 0.00 PERCENT LOST,
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  CONTROLS=GENERAL2 CONTROL,
      0.0 HEATING, 7000.0 COOLING,
      0.00 PERCENT MRT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  INFILTRATION=14400.00,CONSTANT ,
    WITH COEFFICIENTS (0.606000, 0.020200, 0.000598, 0.000000),
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  VENTILATION=14400.00,CONSTANT ,
      0.00 MIN TEMP, 12.00 DEL TEMP,
      1.00 EXHAUST FAN PRESSURE, 0.80 FAN EFFICIENCY,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  REPORT VARIABLES=(5,10);
END ZONE;
ZONE 4 "COMPUTER FLOOR ":
    ORIGIN:(0.00, 0.00, 164.80);
  NORTH AXIS=0.00;
  EXTERIOR WALLS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 13.12)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (4.64 BY 11.6)
        REVEAL(2.34)
        AT (0.01, 0.01)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (4.64 BY 11.6)
        REVEAL(2.34)
        AT (0.01, 0.01)
```

```
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01),
STARTING AT(120.05, 0.00, 0.00)
FACING(90.00)
TILTED(90.00)
FINISH WALL (120.05 BY 13.12)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01),
STARTING AT(120.05, 120.05, 0.00)
```

```
FACING(0.00)
TILTED(90.00)
FINISH WALL (120.05 BY 13.12)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01),
STARTING AT(0.00, 120.05, 0.00)
FACING(270.00)
TILTED(90.00)
FINISH WALL (120.05 BY 13.12)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
     REVEAL(2.34)
      AT (0.01, 0.01)
   WITH WINDOWS OF TYPE
   WIN1 (4.64 BY 11.6)
```

```
        REVEAL(2.34)
         AT (0.01, 0.01)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (4.64 BY 11.6)
        REVEAL(2.34)
         AT (0.01, 0.01)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (4.64 BY 11.6)
        REVEAL(2.34)
         AT (0.01, 0.01);
  INTERZONE FLOORS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(180.00)
    INTERNAL FLOOR (120.05 BY 120.05)
    ADJACENT TO ZONE (3);
  INTERZONE CEILINGS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 13.12)
    FACING(0.00)
    TILTED(0.00)
    INTERNAL ROOF (120.05 BY 120.05)
    ADJACENT TO ZONE (5);
  INTERNAL MASS: INTERNAL MASS CEILING
    ( 120.05 BY 120.05);
  INTERNAL MASS: LIFT PARTITION
    ( 196.8 BY 13.12 );
  INTERNAL MASS: PARTITION
    (587.12 BY 13.12);
        PEOPLE=82,COMPUTER FLOOR OCCUPANCY ,
    AT ACTIVITY LEVEL 0.51, 0.00 PERCENT RADIANT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  LIGHTS=78.0,COMPUTER FLOOR LIGHTING ,
      0.00 PERCENT RETURN AIR, 20.00 PERCENT RADIANT,
      20.00 PERCENT VISIBLE, 0.00 PERCENT REPLACEABLE,
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  ELECTRIC EQUIPMENT=90.00,COMPUTER FLOOR LIGHTING,
     30.00 PERCENT RADIANT, 0.00 PERCENT LATENT, 0.00 PERCENT LOST,
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  CONTROLS=COMPUTER FLOOR CONTROL,
      0.0 HEATING, 350.0 COOLING,
      0.00 PERCENT MRT,
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  INFILTRATION=1600.00,CONSTANT ,
    WITH COEFFICIENTS  (0.606000, 0.020200, 0.000598, 0.000000),
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  REPORT VARIABLES=(5,10);
END ZONE;
ZONE 5 "14TH-24TH FLOOR ":
    ORIGIN:(0.00, 0.00, 177.12);
  NORTH AXIS=0.00;
  EXTERIOR WALLS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 144.32)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (50.81 BY 127.03)
        REVEAL(25.41)
        AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(120.05, 0.00, 0.00)
    FACING(90.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 144.32)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (50.81 BY 127.03)
        REVEAL(25.41)
        AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(120.05, 120.05, 0.00)
    FACING(0.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 144.32)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (50.81 BY 127.03)
        REVEAL(25.41)
        AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(0.00, 120.05, 0.00)
    FACING(270.00)
    TILTED(90.00)
    FINISH WALL (120.05 BY 144.32)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (50.81 BY 127.03)
        REVEAL(25.41)
        AT (0.01, 0.01);
  INTERZONE FLOORS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(180.00)
    INTERNAL FLOOR (120.05 BY 120.05)
    ADJACENT TO ZONE (4);
  ROOFS :
    STARTING AT(0.00, 0.00, 144.32)
    FACING(0.00)
    TILTED(0.00)
```

```
    ROOF (120.05 BY 120.05);
  INTERNAL MASS: INTERNAL MASS CEILING
    ( 379.63 BY 379.63);
  INTERNAL MASS: INTERNAL MASS FLOOR
    ( 379.63 BY 379.63);
  INTERNAL MASS: LIFT PARTITION
    ( 196.8 BY 131.2);
  INTERNAL MASS: PARTITION
    (5408.72 BY 13.12);
  PEOPLE=870.0,GENERAL OCCUPANCY ,
    AT ACTIVITY LEVEL 0.51, 0.00 PERCENT RADIANT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  LIGHTS=650,GENERAL LIGHTING ,
      0.00 PERCENT RETURN AIR, 20.00 PERCENT RADIANT,
      20.00 PERCENT VISIBLE, 0.00 PERCENT REPLACEABLE,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  ELECTRIC EQUIPMENT=375.00,GENERAL LIGHTING,
     30.00 PERCENT RADIANT, 0.00 PERCENT LATENT, 0.00 PERCENT LOST,
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  CONTROLS=GENERAL1 CONTROL,
      0.0 HEATING, 7000.0 COOLING,
      0.00 PERCENT MRT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  INFILTRATION=17600.00,CONSTANT ,
    WITH COEFFICIENTS (0.606000, 0.020200, 0.000598, 0.000000),
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  VENTILATION=17600.00,CONSTANT ,
      0.00 MIN TEMP, 12.00 DEL TEMP,
      1.00 EXHAUST FAN PRESSURE, 0.80 FAN EFFICIENCY,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  REPORT VARIABLES=(5,10);
END ZONE;
ZONE 6 "FIRST FLOOR TOWER B ":
  ORIGIN:(175.81, 0.00, 0.00);
  NORTH AXIS=0.00;
  EXTERIOR WALLS :
    STARTING AT(0.0, 0.00, 0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(90.00)
    TOWER B WALL (164 BY 16.4 )
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (82 BY 13.12)
        REVEAL(0.00)
        AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(164, 0.00, 0.00)
    FACING(90.00)
    TILTED(90.00)
    TOWER B WALL (120.05 BY 16.4),
    STARTING AT(164, 120.05, 0.00)
    FACING(0.00)
    TILTED(90.00)
    TOWER B WALL (164 BY 16.4)
      WITH WINDOWS OF TYPE
      WIN1 (82 BY 13.12)
        REVEAL(0.00)
        AT (0.01, 0.01),
    STARTING AT(0.0, 120.05, 0.00)
    FACING(270.00)
    TILTED(90.00)
    TOWER B WALL (120.05 BY 16.4);
  SLAB ON GRADE FLOORS :
    STARTING AT(0.0, 0.00, 0.00)
    FACING(180.00)
    TILTED(180.00)
    SLAB FLOOR (164 BY 120.05);
  INTERZONE CEILINGS :
    STARTING AT(0.0, 0.00, 16.4)
    FACING(0.00)
    TILTED(0.00)
    INTERNAL ROOF (164 BY 120.05)
    ADJACENT TO ZONE (7);
  INTERNAL MASS: INTERNAL MASS CEILING
    (164 BY 120.05);
  INTERNAL MASS: PARTITION
    (656.00 BY 16.4);
  INTERNAL MASS: PARTITION
    (820.00 BY 16.4);
  PEOPLE=100,GENERAL OCCUPANCY ,
    AT ACTIVITY LEVEL 0.51, 0.00 PERCENT RADIANT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  LIGHTS=50,GENERAL LIGHTING ,
      0.00 PERCENT RETURN AIR, 20.00 PERCENT RADIANT,
      20.00 PERCENT VISIBLE, 0.00 PERCENT REPLACEABLE,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  ELECTRIC EQUIPMENT=40.00,GENERAL LIGHTING,
     30.00 PERCENT RADIANT, 0.00 PERCENT LATENT, 0.00 PERCENT LOST,
  FROM 01JAN THRU 31DEC;
  CONTROLS=GENERAL1 CONTROL ,
      0.0 HEATING, 500.0 COOLING,
      0.00 PERCENT MRT,
    FROM 01JAN THRU 31DEC;
  INFILTRATION=3200.00,CONSTANT ,
    WITH COEFFICIENTS (0.606000, 0.020200, 0.000598, 0.000000),
```

```
          FROM 01JAN THRU 31DEC;
        VENTILATION=3200.00,CONSTANT ,
            0.00 MIN TEMP, 12.00 DEL TEMP,
            1.00 EXHAUST FAN PRESSURE, 0.80 FAN EFFICIENCY,
          FROM 01JAN THRU 31DEC;
        REPORT VARIABLES=(5,10);
      END ZONE;
    ZONE 7 "CANTIEEN TOWER B ":
        ORIGIN:(175.81, 0.00, 16.4);
        NORTH AXIS=0.00;
        EXTERIOR WALLS :
          STARTING AT(0.0, 0.00, 0.00)
          FACING(180.00)
          TILTED(90.00)
          TOWER B WALL (164 BY 16.4 )
            WITH WINDOWS OF TYPE
            WIN1 (82 BY 13.12)
              REVEAL(0.00)
              AT (0.01, 0.01),
          STARTING AT(0.0, 120.05, 0.00)
          FACING(90.00)
          TILTED(90.00)
          TOWER B WALL (120.05 BY 16.4),
          STARTING AT(164, 120.05, 0.00)
          FACING(0.00)
          TILTED(90.00)
          TOWER B WALL (164 BY 16.4)
            WITH WINDOWS OF TYPE
            WIN1 (82 BY 13.12)
              REVEAL(0.00)
              AT (0.01, 0.01),
          STARTING AT(0.0, 120.05, 0.00)
          FACING(270.00)
          TILTED(90.00)
          TOWER B WALL (120.05 BY 16.4);
        ROOFS :
          STARTING AT(0.0, 0.00, 16.4)
          FACING(180.00)
          TILTED(180.00)
          ROOF (164 BY 120.05);
        INTERZONE FLOORS :
          STARTING AT(0.0, 0.00, 0.0)
          FACING(0.00)
          TILTED(0.00)
          INTERNAL FLOOR (164 BY 120.05)
          ADJACENT TO ZONE (6);
        INTERNAL MASS : PARTITION
          (186.96 BY 16.4);
        PEOPLE=100,CANTEEN OCCUPANCY ,
          AT ACTIVITY LEVEL 0.51, 0.00 PERCENT RADIANT,
          FROM 01JAN THRU 31DEC;
        LIGHTS=50,CANTEEN LIGHTING ,
            0.00 PERCENT RETURN AIR, 20.00 PERCENT RADIANT,
            20.00 PERCENT VISIBLE, 0.00 PERCENT REPLACEABLE,
          FROM 01JAN THRU 31DEC;
        ELECTRIC EQUIPMENT=100.00,GENERAL LIGHTING,
           30.00 PERCENT RADIANT, 0.00 PERCENT LATENT, 0.00 PERCENT LOST,
        FROM 01JAN THRU 31DEC;
        CONTROLS=GENERAL1 CONTROL ,
            0.0 HEATING, 500.0 COOLING,
            0.00 PERCENT MRT,
          FROM 01JAN THRU 31DEC;
        INFILTRATION=3200.00,CONSTANT ,
          WITH COEFFICIENTS (0.606000, 0.020200, 0.000598, 0.000000),
          FROM 01JAN THRU 31DEC;
        VENTILATION=3200.00,CONSTANT ,
            0.00 MIN TEMP, 12.00 DEL TEMP,
            1.00 EXHAUST FAN PRESSURE, 0.80 FAN EFFICIENCY,
          FROM 01JAN THRU 31DEC;
        REPORT VARIABLES=(5,10);
      END ZONE;
    END BUILDING DESCRIPTION;

*****************************************************************************
**                          FAN SYSTEM DESCRIPTION                         **
*****************************************************************************

    BEGIN FAN SYSTEM DESCRIPTION;
     TWO PIPE FAN COIL SYSTEM 2
     "FAN COIL 2 " SERVING ZONES
       2;
      FOR ZONE 2:
        SUPPLY AIR VOLUME=22700.00000000;
        EXHAUST AIR VOLUME=1600;
        ZONE MULTIPLIER=1;
      END ZONE;
      OTHER SYSTEM PARAMETERS:
        SUPPLY FAN PRESSURE=2.62;
        SUPPLY FAN EFFICIENCY=0.6;
        EXHAUST FAN PRESSURE=1.0;
        EXHAUST FAN EFFICIENCY=0.7;
        COLD DECK CONTROL= ZONE CONTROLLED;
        COLD DECK CONTROL SCHEDULE=(45 AT 55, 65 AT 65);
```

```
    MIXED AIR CONTROL=FIXED PERCENT;
    OUTSIDE AIR VOLUME=1000.0;
    SYSTEM ELECTRICAL DEMAND=40.0;
  END OTHER SYSTEM PARAMETERS;
  COOLING COIL DESIGN PARAMETERS:
    AIR VOLUME FLOW RATE=22700.0;
    BAROMETRIC PRESSURE=406.8136;
    ENTERING AIR DRY BULB TEMPERATURE=80.006;
    ENTERING AIR WET BULB TEMPERATURE=66.992;
    LEAVING AIR DRY BULB TEMPERATURE=60.404;
    ENTERING WATER TEMPERATURE=45.0;
    LEAVING WATER TEMPERATURE=54.644;
    WATER VOLUME FLOW RATE=21.39;
    TOTAL COOLING LOAD=790.0;
  END COOLING COIL DESIGN PARAMETERS;
  EQUIPMENT SCHEDULES:
    SYSTEM OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    EXHAUST FAN OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    HUMIDIFIER OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    FAN COIL HEATING OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    FAN COIL COOLING OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    TSTAT BASEBOARD HEAT OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    MINIMUM VENTILATION SCHEDULE=MINOA,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    SYSTEM ELECTRICAL DEMAND SCHEDULE=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
  END EQUIPMENT SCHEDULES;
END SYSTEM;
TWO PIPE FAN COIL SYSTEM 3
"FAN COIL 3 " SERVING ZONES
   3;
  FOR ZONE 3:
    SUPPLY AIR VOLUME=204300.00000000;
    EXHAUST AIR VOLUME=14400;
    ZONE MULTIPLIER=1;
  END ZONE;
  OTHER SYSTEM PARAMETERS:
    SUPPLY FAN PRESSURE=2.62;
    SUPPLY FAN EFFICIENCY=0.6;
    EXHAUST FAN PRESSURE=1.0;
    EXHAUST FAN EFFICIENCY=0.7;
    COLD DECK CONTROL= ZONE CONTROLLED;
    COLD DECK CONTROL SCHEDULE=(45 AT 55, 65 AT 65);
    MIXED AIR CONTROL=FIXED PERCENT;
    OUTSIDE AIR VOLUME=9000.0;
    SYSTEM ELECTRICAL DEMAND=360.0;
  END OTHER SYSTEM PARAMETERS;
  COOLING COIL DESIGN PARAMETERS:
    AIR VOLUME FLOW RATE=204300.0;
    BAROMETRIC PRESSURE=406.8136;
    ENTERING AIR DRY BULB TEMPERATURE=80.006;
    ENTERING AIR WET BULB TEMPERATURE=66.992;
    LEAVING AIR DRY BULB TEMPERATURE=60.404;
    ENTERING WATER TEMPERATURE=45.0;
    LEAVING WATER TEMPERATURE=54.644;
    WATER VOLUME FLOW RATE=192.51;
    TOTAL COOLING LOAD=7110.0;
  END COOLING COIL DESIGN PARAMETERS;
  EQUIPMENT SCHEDULES:
    SYSTEM OPERATION=GENERAL2 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    EXHAUST FAN OPERATION=GENERAL2 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    HUMIDIFIER OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    FAN COIL HEATING OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    FAN COIL COOLING OPERATION=GENERAL2 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    TSTAT BASEBOARD HEAT OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    MINIMUM VENTILATION SCHEDULE=MINOA,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    SYSTEM ELECTRICAL DEMAND SCHEDULE=GENERAL2 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
  END EQUIPMENT SCHEDULES;
END SYSTEM;
TWO PIPE FAN COIL SYSTEM 4
"FAN COIL 4 " SERVING ZONES
   4;
  FOR ZONE 4:
    SUPPLY AIR VOLUME=22700.00000000;
    EXHAUST AIR VOLUME=1600;
    ZONE MULTIPLIER=1;
  END ZONE;
  OTHER SYSTEM PARAMETERS:
    SUPPLY FAN PRESSURE=2.62;
    SUPPLY FAN EFFICIENCY=0.6;
    EXHAUST FAN PRESSURE=1.0;
    EXHAUST FAN EFFICIENCY=0.7;
    COLD DECK CONTROL= ZONE CONTROLLED;
    COLD DECK CONTROL SCHEDULE=(45 AT 55, 65 AT 65);
    MIXED AIR CONTROL=FIXED PERCENT;
    OUTSIDE AIR VOLUME=1000.0;
    SYSTEM ELECTRICAL DEMAND=40.0;
  END OTHER SYSTEM PARAMETERS;
  COOLING COIL DESIGN PARAMETERS:
    AIR VOLUME FLOW RATE=22700.0;
    BAROMETRIC PRESSURE=406.8136;
    ENTERING AIR DRY BULB TEMPERATURE=80.006;
    ENTERING AIR WET BULB TEMPERATURE=66.992;
    LEAVING AIR DRY BULB TEMPERATURE=60.404;
    ENTERING WATER TEMPERATURE=45.0;
```

```
      LEAVING WATER TEMPERATURE=54.644;
      WATER VOLUME FLOW RATE=21.39;
      TOTAL COOLING LOAD=790.0;
    END COOLING COIL DESIGN PARAMETERS;
    EQUIPMENT SCHEDULES:
      SYSTEM OPERATION=COMPUTER FLOOR FAN1,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      EXHAUST FAN OPERATION=COMPUTER FLOOR FAN1,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      HUMIDIFIER OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL HEATING OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL COOLING OPERATION=COMPUTER FLOOR FAN1,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      TSTAT BASEBOARD HEAT OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      MINIMUM VENTILATION SCHEDULE=MINOA,FROM 01JAN THRU 31DEC;
SYSTEM ELECTRICAL DEMAND SCHEDULE=COMPUTER FLOOR FAN1,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    END EQUIPMENT SCHEDULES;
  END SYSTEM;
  TWO PIPE FAN COIL SYSTEM 5
  "FAN COIL 5 " SERVING ZONES
     5;
    FOR ZONE 5:
      SUPPLY AIR VOLUME=249700.00000000;
      EXHAUST AIR VOLUME=17600;
      ZONE MULTIPLIER=1;
    END ZONE;
    OTHER SYSTEM PARAMETERS:
      SUPPLY FAN PRESSURE=2.62;
      SUPPLY FAN EFFICIENCY=0.6;
      EXHAUST FAN PRESSURE=1.0;
      EXHAUST FAN EFFICIENCY=0.7;
      COLD DECK CONTROL= ZONE CONTROLLED;
      COLD DECK CONTROL SCHEDULE=(45 AT 55, 65 AT 65);
      MIXED AIR CONTROL=FIXED PERCENT;
      OUTSIDE AIR VOLUME=11000.0;
      SYSTEM ELECTRICAL DEMAND=440.0;
    END OTHER SYSTEM PARAMETERS;
    COOLING COIL DESIGN PARAMETERS:
      AIR VOLUME FLOW RATE=249700.0;
      BAROMETRIC PRESSURE=406.8136;
      ENTERING AIR DRY BULB TEMPERATURE=80.006;
      ENTERING AIR WET BULB TEMPERATURE=66.992;
      LEAVING AIR DRY BULB TEMPERATURE=60.404;
      ENTERING WATER TEMPERATURE=45.0;
      LEAVING WATER TEMPERATURE=54.644;
      WATER VOLUME FLOW RATE=157.51;
      TOTAL COOLING LOAD=8690.0;
    END COOLING COIL DESIGN PARAMETERS;
    EQUIPMENT SCHEDULES:
      SYSTEM OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      EXHAUST FAN OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      HUMIDIFIER OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL HEATING OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL COOLING OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      TSTAT BASEBOARD HEAT OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      MINIMUM VENTILATION SCHEDULE=MINOA,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      SYSTEM ELECTRICAL DEMAND SCHEDULE=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    END EQUIPMENT SCHEDULES;
  END SYSTEM;
  TWO PIPE FAN COIL SYSTEM 6
  "FAN COIL 6 " SERVING ZONES
     6;
    FOR ZONE 6:
      SUPPLY AIR VOLUME=45400.00000000;
      EXHAUST AIR VOLUME=3200;
      ZONE MULTIPLIER=1;
    END ZONE;
    OTHER SYSTEM PARAMETERS:
      SUPPLY FAN PRESSURE=2.62;
      SUPPLY FAN EFFICIENCY=0.6;
      EXHAUST FAN PRESSURE=1.0;
      EXHAUST FAN EFFICIENCY=0.7;
      COLD DECK CONTROL= ZONE CONTROLLED;
      COLD DECK CONTROL SCHEDULE=(45 AT 55, 65 AT 65);
      MIXED AIR CONTROL=FIXED PERCENT;
      OUTSIDE AIR VOLUME=2000.0;
      SYSTEM ELECTRICAL DEMAND=22.0;
    END OTHER SYSTEM PARAMETERS;
    COOLING COIL DESIGN PARAMETERS:
      AIR VOLUME FLOW RATE=45400.0;
      BAROMETRIC PRESSURE=406.8136;
      ENTERING AIR DRY BULB TEMPERATURE=80.006;
      ENTERING AIR WET BULB TEMPERATURE=66.992;
      LEAVING AIR DRY BULB TEMPERATURE=60.404;
      ENTERING WATER TEMPERATURE=45.0;
      LEAVING WATER TEMPERATURE=54.644;
      WATER VOLUME FLOW RATE=42.78;
      TOTAL COOLING LOAD=1580.0;
    END COOLING COIL DESIGN PARAMETERS;
    EQUIPMENT SCHEDULES:
      SYSTEM OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      EXHAUST FAN OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      HUMIDIFIER OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL HEATING OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL COOLING OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      TSTAT BASEBOARD HEAT OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
```

```
      MINIMUM VENTILATION SCHEDULE=MINOA,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      SYSTEM ELECTRICAL DEMAND SCHEDULE=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    END EQUIPMENT SCHEDULES;
  END SYSTEM;
  TWO PIPE FAN COIL SYSTEM 7
  "FAN COIL 7 " SERVING ZONES
     7;
    FOR ZONE 7:
      SUPPLY AIR VOLUME=45400.00000000;
      EXHAUST AIR VOLUME=3200;
      ZONE MULTIPLIER=1;
    END ZONE;
    OTHER SYSTEM PARAMETERS:
      SUPPLY FAN PRESSURE=2.62;
      SUPPLY FAN EFFICIENCY=0.6;
      EXHAUST FAN PRESSURE=1.0;
      EXHAUST FAN EFFICIENCY=0.7;
      COLD DECK CONTROL= ZONE CONTROLLED;
      COLD DECK CONTROL SCHEDULE=(45 AT 55, 65 AT 65);
      MIXED AIR CONTROL=FIXED PERCENT;
      OUTSIDE AIR VOLUME=2000.0;
      SYSTEM ELECTRICAL DEMAND=40.0;
    END OTHER SYSTEM PARAMETERS;
    COOLING COIL DESIGN PARAMETERS:
      AIR VOLUME FLOW RATE=45400.00;
      BAROMETRIC PRESSURE=406.8136;
      ENTERING AIR DRY BULB TEMPERATURE=80.006;
      ENTERING AIR WET BULB TEMPERATURE=66.992;
      LEAVING AIR DRY BULB TEMPERATURE=60.404;
      ENTERING WATER TEMPERATURE=45.0;
      LEAVING WATER TEMPERATURE=54.644;
      WATER VOLUME FLOW RATE=42.78;
      TOTAL COOLING LOAD=1580.0;
    END COOLING COIL DESIGN PARAMETERS;
    EQUIPMENT SCHEDULES:
      SYSTEM OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      EXHAUST FAN OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      HUMIDIFIER OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL HEATING OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL COOLING OPERATION=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      TSTAT BASEBOARD HEAT OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      MINIMUM VENTILATION SCHEDULE=MINOA,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      SYSTEM ELECTRICAL DEMAND SCHEDULE=GENERAL1 FAN,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    END EQUIPMENT SCHEDULES;
  END SYSTEM;
  TWO PIPE FAN COIL SYSTEM 8
  "FAN COIL 8 " SERVING ZONES
     4;
    FOR ZONE 4:
      SUPPLY AIR VOLUME=22700.00000000;
      EXHAUST AIR VOLUME=1600;
      ZONE MULTIPLIER=1;
    END ZONE;
    OTHER SYSTEM PARAMETERS:
      SUPPLY FAN PRESSURE=2.6;
      SUPPLY FAN EFFICIENCY=0.6;
      EXHAUST FAN PRESSURE=1.0;
      EXHAUST FAN EFFICIENCY=0.7;
      COLD DECK CONTROL= ZONE CONTROLLED;
      COLD DECK CONTROL SCHEDULE=(45 AT 55, 65 AT 65);
      MIXED AIR CONTROL=FIXED PERCENT;
      OUTSIDE AIR VOLUME=1000.0;
      SYSTEM ELECTRICAL DEMAND=40.0;
    END OTHER SYSTEM PARAMETERS;
    COOLING COIL DESIGN PARAMETERS:
      AIR VOLUME FLOW RATE=2700.00;
      BAROMETRIC PRESSURE=406.8136;
      ENTERING AIR DRY BULB TEMPERATURE=80.006;
      ENTERING AIR WET BULB TEMPERATURE=66.992;
      LEAVING AIR DRY BULB TEMPERATURE=60.404;
      ENTERING WATER TEMPERATURE=45.0;
      LEAVING WATER TEMPERATURE=54.644;
      WATER VOLUME FLOW RATE=21.39;
      TOTAL COOLING LOAD=790.0;
    END COOLING COIL DESIGN PARAMETERS;
    EQUIPMENT SCHEDULES:
      SYSTEM OPERATION=COMPUTER FLOOR FAN2,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      EXHAUST FAN OPERATION=COMPUTER FLOOR FAN2,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      HUMIDIFIER OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL HEATING OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      FAN COIL COOLING OPERATION=COMPUTER FLOOR FAN2,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      TSTAT BASEBOARD HEAT OPERATION=OFF,FROM 01JAN THRU 31DEC;
      MINIMUM VENTILATION SCHEDULE=MINOA,FROM 01JAN THRU 31DEC;
SYSTEM ELECTRICAL DEMAND SCHEDULE=COMPUTER FLOOR FAN2,FROM 01JAN THRU 31DEC;
    END EQUIPMENT SCHEDULES;
  END SYSTEM;
END FAN SYSTEM DESCRIPTION;
```

```
**********************************************************************************
**                        PLANT SYSTEM DESCRIPTION                              **
**********************************************************************************

    BEGIN CENTRAL PLANT DESCRIPTION;
      PLANT 1 "CHILLER 1 " SERVING ALL SYSTEMS ;
        EQUIPMENT SELECTION:
         CHILLER WITH COOLING TOWER:
             3 OF SIZE 5400;
          COOLING TOWER :
             3 OF SIZE 5400;
        END EQUIPMENT SELECTION;
        PART LOAD RATIOS:
         CHILLER(MIN=.1000,MAX=1.0500,BEST=.6500,ELECTRICAL=.21);
         COOLING TOWER(MIN=0.0000,BEST=.4365,ELECTRICAL=0.00);
        END PART LOAD RATIOS;
        SPECIAL PARAMETERS:
          TCOOL=44.00600000;
          PELTWR=0.02902;
          TOWOPR=2;
          TTOWR=60.08;
          PELCL=0.0227;
        END SPECIAL PARAMETERS;
        EQUIPMENT PERFORMANCE PARAMETERS:
           ADJT1C ( 90.00000000,  1.61812300, 44.00000000);
           RCAV1C (   .98164910,  -.01425889,   .00045956);
           ADJE1C (  2.93710800, -2.86412200,   .92708650);
           RPWR1C (   .18011180,   .56750730,   .25823680);
           CPUMP  (1,0,0);
           TPUMP  (1,0,0);
        END EQUIPMENT PERFORMANCE PARAMETERS;
        OTHER PLANT PARAMETER:
         REPORT VARIABLES=(3,6,7);
        END OTHER PLANT PARAMETER;
        FOR SYSTEM 2:
          SYSTEM MULTIPLIER=1;
        END SYSTEM;
        FOR SYSTEM 3:
          SYSTEM MULTIPLIER=1;
        END SYSTEM;
        FOR SYSTEM 4:
          SYSTEM MULTIPLIER=1;
        END SYSTEM;
        FOR SYSTEM 5:
          SYSTEM MULTIPLIER=1;
        END SYSTEM;
        FOR SYSTEM 6:
          SYSTEM MULTIPLIER=1;
        END SYSTEM;
        FOR SYSTEM 7:
          SYSTEM MULTIPLIER=1;
        END SYSTEM;
        FOR SYSTEM 8:
          SYSTEM MULTIPLIER=0;
        END SYSTEM;
      END PLANT;
    PLANT 2 "CHILLER 2 " SERVING SYSTEMS 8;
       EQUIPMENT SELECTION:
           RECIPROCATING CHILLER:
             1 OF SIZE 60;
           COOLING TOWER:
             1 OF SIZE 60;
        END EQUIPMENT SELECTION;
       PART LOAD RATIOS:
        RECIPROCATING CHILLER(MIN=.1000,MAX=1.0500,BEST=.6500,ELECTRICAL=.27);
        COOLING TOWER(MIN=0.0000,BEST=.4365,ELECTRICAL=.000);
       END PART LOAD RATIOS;
       OTHER PLANT PARAMETERS:
           REPORT VARIABLES=(3,6,7);
       END OTHER PLANT PARAMETERS;
       SPECIAL PARAMETERS:
           TCOOL=44.00600000;
           PELTWR=0.02902;
           TOWOPR=2;
           TTOWR=60.08;
           PELCL=0.0227;
       END SPECIAL PARAMETERS;
       EQUIPMENT PERFORMANCE PARAMETERS:
            ADJT3C ( 90.00000000,  1.61812300, 44.00000000);
            RCAV3C (   .98164910,  -.01425889,   .00045956);
            ADJE3C (  2.93710800, -2.86412200,   .92708650);
            RPWR3C (   .18011180,   .56750730,   .25823680);
            CPUMP  (1,0,0);
            TPUMP  (1,0,0);
         END EQUIPMENT PERFORMANCE PARAMETERS;
         FOR SYSTEM 8:
           SYSTEM MULTIPLIER=1;
         END SYSTEM;
       END PLANT;
    END CENTRAL PLANT DESCRIPTION;
  END INPUT;
```

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลอากาศของสถานีตรวจอากาศบางนา วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2534 ในรูปแบบ BLAST ASCII FORMAT

```
Test Data by Dr.Tool Manewattana                13.733   -100.567
   17.   455201    365      1
1991 1 1 000000000000000000000000000000000000000000000000000
 26.200000 26.000000 25.800000 25.700000 25.500000 24.700000 24.100000 24.800000
 27.000000 29.200000 30.000000 32.400000 31.800000 33.000000 32.800000 33.000000
 32.400000 30.000000 28.500000 28.000000 27.700000 27.200000 27.000000 26.900000
 24.800000 24.700000 24.800000 24.700000 24.600000 23.900000 23.400000 23.900000
 25.000000 25.800000 25.200000 25.100000 25.600000 25.100000 25.600000 25.600000
 24.900000 24.600000 24.600000 25.000000 25.000000 25.100000 25.400000 25.500000
101060.00000101020.00000100980.00000100950.00000100940.00000100950.00000
101050.00000101180.00000101250.00000101240.00000101210.00000101090.00000
100980.00000100890.00000100800.00000100750.00000100790.00000100830.00000
100900.00000100990.00000101060.00000101090.00000101100.00000101090.00000
 .0191 .0191 .0193 .0192 .0192 .0183 .0178 .0183 .0192 .0195 .0182 .0169
 .0181 .0168 .0175 .0175 .0166 .0171 .0179 .0186 .0188 .0192 .0198 .0200
    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000
    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000   4.11555   2.57222   4.11555
   1.54333   2.57222   3.08666   2.57222    .00000   1.54333   2.57222    .00000
   .00   .00   .00   .00   .00   .00   .00   .00   .00   .00   .00   .00
   .00160.00230.00230.00210.00210.00220.00220.00   .00210.00200.00   .00
    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000  28.05556
 195.55560 443.33330 458.05550 418.05550 201.94440 442.77770 251.94440 730.83330
 653.61110 274.72220    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000
    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000  50.83333
 172.22220 234.16670 295.00000 347.50000 394.44440 331.11110 319.72220 132.22220
  77.49999  35.83333    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000    .00000
```

ภาคผนวก ค

การออกแบบระบบ Ice Storage แบบต่าง ๆ สำหรับอาคาร ปตท.

วิธีการออกแบบระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Storage สำหรับอาคาร ปตท. ในระบบ Ice Storage แต่ละแบบมีขั้นตอน ดังนี้

1. ระบบ Ice Harvester

ระบบ Ice Harvester เป็นระบบ Ice Storage ระบบหนึ่งที่ทำการศึกษา โดยจะทำการศึกษาถึงกลยุทธ์การทำงาน 3 แบบ ดังที่กล่าวมาข้างต้น การออกแบบระบบ Ice Storage ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแต่ละแบบสำหรับอาคาร ปตท. มีขั้นตอนในการออกแบบดังนี้

1.1 ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การออกแบบระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้มีวงจรการทำงานแสดงในรูปที่ 3.21 ส่วนขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

1) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากภาระความร้อนรายชั่วโมงรวมในช่วงเวลา 6.00-22.00 น. ของวันพฤหัสบดีที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 (design day) มีค่าเท่ากับ 14,462 ตัน-ชั่วโมง และหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage (Dorgan และ Elleson,1993) แนะนำให้คิดค่าสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อน (thermal conduction loss) มีค่าประมาณ 1-5% ของขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 14,462×1.05

= 15,185 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกใช้ถังเก็บน้ำแข็งขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง

2) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1)

เครื่องทำงานตั้งแต่ 22.00-6.00 น. ของอีกวันหนึ่ง รวมเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

เครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด = ปริมาณความเย็นที่ต้องการ/ระยะเวลาเดินเครื่อง

$$= \frac{15,500}{8}$$

= 1,937.5 ตัน

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน 5 เครื่อง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (condenser water pump), (P1)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(500×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก

(10 °F)

$$GPM = \frac{450 \times 1.25 \times 24}{10}$$

= 1,500 GPM

∴ เลือกใช้เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นขนาด 1,500 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.2) หาขนาดเครื่องสูบน้ำเย็น (chilled water pump), (P2,P3)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นไปจ่ายความเย็นให้กับอาคารที่เครื่องจ่ายลมเย็น ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับเครื่องสูบน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบเดิม

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็น (P3) มีขนาด 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งไปถ่ายเทความร้อนให้ระบบน้ำเย็นที่ Plate Heat Exchanger

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็น (P2) มีขนาด 1,080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

4) หอผึ่งลม (cooling tower),(CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 500 ตัน และเครื่องสูบน้ำเย็นมีขนาดอัตราการไหล 1,500 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 500 ตัน อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง
2. ชุดทำน้ำแข็ง (refrigeration machine),(CH1) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 500 ตัน อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,500 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง
5. เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
7. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 1,800 ตัน

1.2 ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้ บริเวณปรับอากาศจะได้รับความเย็นจาก 2 แหล่ง คือ ช่วงเวลา On Peak จะนำความเย็นมาจากระบบ Ice Storage และช่วงเวลาอื่นจะนำความเย็นมาจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบเดิม วงจรการทำงานของระบบแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.22

การออกแบบจะทำการหาขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- ระบบปรับอากาศแบบเดิม
- ระบบปรับอากาศที่นำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็ง

ก. การออกแบบระบบปรับอากาศแบบเดิม

ในขั้นตอนนี้จะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดการออกแบบ อุปกรณ์ที่ใช้จะมีขนาดเท่ากับอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิมดังมีรายการต่อไปนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็น (CH2) ขนาด 450 ตัน (45 ^{o}F,55 ^{o}F) จำนวน 4 เครื่อง
2. หอผึ่งลม (CT2) ขนาด 450 ตัน อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง
3. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P4) อัตราการไหล 1,350 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

ข. การออกแบบระบบปรับอากาศที่นำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็ง

การทำงานของระบบปรับอากาศแบบนี้จะนำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็งเฉพาะช่วงเวลา On Peak (18.30-21.30 น.) เท่านั้น รายละเอียดของการออกแบบมีดังนี้

1) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากภาระความร้อนรายชั่วโมงรวมในช่วงเวลา 18.30-21.30 น. ของวันพฤหัสบดีที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 (design day) มีค่าเท่ากับ 1,178 ตัน-ชั่วโมง และหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage (Dorgan และ Elleson,1993) แนะนำให้คิดค่าสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อน (thermal conduction loss) มีค่าประมาณ 1-5 % ของขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 1,178×1.05

= 1,237 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกถังเก็บน้ำแข็งขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง

2) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (brine chiller), (CH1)

เครื่องทำงานตั้งแต่ 22.00-6.00 น. ของอีกวันหนึ่งรวมเป็นระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง

เครื่องทำความเย็นมีขนาด = ปริมาณความเย็นที่ต้องการ/ระยะเวลาเดินเครื่อง

$$= \frac{1,300}{8}$$

= 162.5 ตัน

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (150×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{150 \times 1.25 \times 24}{10}$$

= 510 GPM

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 510 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง

3.2) เครื่องสูบน้ำเย็น (P2)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งไปถ่ายเทความร้อนให้ระบบน้ำเย็นที่ Plate Heat Exchanger

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือภาระความร้อนสูงสุดในช่วงเวลา 18.30-21.30 น. (720 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{720 \times 24}{10}$$

$$= 1,724 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็นที่มีอัตราการไหล 900 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง

4) หาขนาดหอผึ่งลม (CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 170 ตัน และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีขนาด 510 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 170 ตัน อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (CH2) ขนาด 450 ตัน (45 °F, 55 °F) จำนวน 4 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT2) ขนาด 450 ตัน อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P4) อัตราการไหล 1,350 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
5. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
6. ชุดทำน้ำแข็ง (refrigeration machine),(CH1) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง
7. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 510 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง
8. เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) อัตราการไหล 900 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง
9. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 170 ตัน อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง
10. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 720 ตัน

1.3 ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

ระบบ Ice Storage ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้ ระบบทำความเย็นจะทำน้ำแข็งในช่วงเวลา 22.00-6.00 น. และทำงานที่ Chiller Mode ในช่วงเวลา 6.00-18.30 น. รูปแสดงวงจรการทำงานของระบบแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.23 ส่วนขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

1) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (CH1)

จากปริมาณภาระความร้อนรวม 14,462 ตัน-ชั่วโมง เครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Ice Mode 8 ชั่วโมง และทำงานที่ Chiller Mode 12.5 ชั่วโมง

$$\text{ความเย็นที่ Load Leveling} = \frac{14,460}{8+1.3\times 12.5}$$

$$= 596 \text{ ตัน}$$

∴ เลือกชุดทำน้ำแข็ง (refrigeration machine) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง

2) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 600 ตัน (ที่ ice mode) ใช้เวลาทำน้ำแข็ง 8 ชั่วโมง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 600×8

= 4,800 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง

3) หาขนาดเครื่องสูบ

3.1) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1)

เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Ice Mode และช่วงเวลาเครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Chiller Mode ฉะนั้น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นต้องสามารถทำงานทั้งสองหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้ ขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1) หาขนาดเครื่องสูบน้ำเย็นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นช่วงทำงานที่ Ice Mode

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(600×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{600 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 1,800 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 900 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.1.2) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นช่วงทำงานที่ Chiller Mode

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(780×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{780 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 2,340 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 1,200 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นในข้อ 3.1.1) และ 3.1.2) เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) มีอัตราการไหล 1,200 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

3.2) เครื่องสูบน้ำเย็น (P2,P3)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นไปจ่ายความเย็นให้กับอาคารที่เครื่องจ่ายลมเย็น ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับเครื่องสูบน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบเดิม

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็น (P3) มีขนาด 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งไปถ่ายเทความร้อนให้ระบบน้ำเย็นที่ Plate Heat Exchanger

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็น (P2) มีขนาด 1,080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

4) หาขนาดหอผึ่งลม (CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 390 ตัน และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีขนาด 1,170 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 390 ตัน อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง
2. ชุดทำน้ำแข็ง (refrigeration machine),(CH1) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 390 ตัน อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง
5. เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
7. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 1,800 ตัน

2. ระบบ Ice-on-coil

ระบบ Ice-on-coil เป็นระบบ Ice Storage ระบบหนึ่งที่ทำการศึกษา โดยจะทำการศึกษาถึงกลยุทธ์การทำงาน 3 แบบ ดังที่กล่าวมาข้างต้น การออกแบบระบบ Ice Storage ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแต่ละแบบสำหรับอาคาร ปตท. มีขั้นตอนในการออกแบบดังนี้

2.1 ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การออกแบบระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้มีวงจรการทำงานแสดงในรูปที่ 3.24 ส่วนขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

1) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากภาระความร้อนรายชั่วโมงรวมในช่วงเวลา 6.00-22.00 น. ของวันพฤหัสบดีที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 (design day) มีค่าเท่ากับ 14,462 ตัน-ชั่วโมง และหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage (Dorgan และ Elleson,1993) แนะนำให้คิดค่าสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อน (thermal conduction loss) มีค่าประมาณ 1-5% ของขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 14,462×1.05

= 15,185 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกใช้ถังเก็บน้ำแข็งขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง

2) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1)

เครื่องทำงานตั้งแต่ 22.00-6.00 น. ของอีกวันหนึ่ง รวมเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

เครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด = ปริมาณความเย็นที่ต้องการ/ระยะเวลาเดินเครื่อง

$$= \frac{15,500}{8}$$

= 1,937.5 ตัน

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน 5 เครื่อง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (condenser water pump), (P1)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (500×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิ น้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{500 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 1,500 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นขนาด 1,500 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (500 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิ น้ำขาเข้าและขาออก (7 °F)

$$GPM = \frac{500 \times 25.5}{7}$$

$$= 1,821.43 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) ขนาด 1,850 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำเย็น (chilled water pump), (P3,P4)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P4) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นไปจ่ายความเย็นให้กับอาคารที่เครื่องจ่ายลมเย็น ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับเครื่องสูบน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบเดิม

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็น (P4) มีขนาด 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งไปถ่ายเทความร้อนให้ระบบน้ำเย็นที่ Plate Heat Exchanger

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็น (P3) มีขนาด 1,080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

4) หอผึ่งลม (cooling tower),(CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 500 ตัน และเครื่องสูบน้ำเย็นมีขนาดอัตราการไหล 1,500 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 500 ตัน อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (cooling tower),(CT1) ขนาด 500 ตัน อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,500 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง
5. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) อัตราการไหล 1,850 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง
6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
7. เครื่องสูบน้ำเย็น (P4) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
8. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 1,800 ตัน

2.2 ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้ บริเวณปรับอากาศจะได้รับความเย็นจาก 2 แหล่ง คือ ช่วงเวลา On Peak จะนำความเย็นมาจากระบบ Ice Storage และช่วงเวลาอื่นจะนำความเย็นมาจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบเดิม วงจรการทำงานของระบบแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.25

การออกแบบจะทำการหาขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- ระบบปรับอากาศแบบเดิม
- ระบบปรับอากาศที่นำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็ง

สำหรับรายละเอียดในการออกแบบสำหรับแต่ละส่วนมีดังนี้

ก. การออกแบบระบบปรับอากาศแบบเดิม

ในขั้นตอนนี้จะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดการออกแบบ อุปกรณ์ที่ใช้จะมีขนาดเท่ากับอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิมดังมีรายการต่อไปนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็น (CH2) ขนาด 450 ตัน (45 ^{o}F,55 ^{o}F) จำนวน 4 เครื่อง
2. หอผึ่งลม (CT2) ขนาด 450 ตัน อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง
3. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P5) อัตราการไหล 1,350 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำเย็น (P4) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

ข. การออกแบบระบบปรับอากาศที่นำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็ง

การทำงานของระบบปรับอากาศแบบนี้จะนำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็งเฉพาะช่วงเวลา On Peak (18.30-21.30 น.) เท่านั้น รายละเอียดของการออกแบบมีดังนี้

1) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากภาระความร้อนรายชั่วโมงรวมในช่วงเวลา 18.30-21.30 น. ของวันพฤหัสบดีที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 (design day) มีค่าเท่ากับ 1,178 ตัน-ชั่วโมง และหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage (Dorgan และ Elleson,1993) แนะนำให้คิดค่าสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อน (thermal conduction loss) มีค่าประมาณ 1-5 % ของขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 1,178×1.05

= 1,237 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกถังเก็บน้ำแข็งขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง

2) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller), (CH1)

เครื่องทำงานตั้งแต่ 22.00-6.00 น. ของอีกวันหนึ่งรวมเป็นระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง

เครื่องทำความเย็นมีขนาด = ปริมาณความเย็นที่ต้องการ/ระยะเวลาเดินเครื่อง

$$= \frac{1,300}{8}$$

= 162.5 ตัน

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (170×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{170 \times 1.25 \times 24}{10}$$

= 510 GPM

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 510 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง

3.2) เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (170 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (7 °F)

$$GPM = \frac{170 \times 25.5}{7}$$

$$= 619.29 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) ที่มีอัตราการไหล 620 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง

3.3) เครื่องสูบน้ำเย็น (P3)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งไปถ่ายเทความร้อนให้ระบบน้ำเย็นที่ Plate Heat Exchanger

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือภาระความร้อนสูงสุดในช่วง 18.30-21.30 น. (720 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{720 \times 24}{10}$$

$$= 1,728 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 900 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง

4) หาขนาดหอผึ่งลม (CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 170 ตัน และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีขนาด 510 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 170 ตัน อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (CH2) ขนาด 450 ตัน (45 °F, 55 °F) จำนวน 4 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT2) ขนาด 450 ตัน อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P5) อัตราการไหล 1,350 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
5. เครื่องสูบน้ำเย็น (P4) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
6. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง
7. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 510 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง
8. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) อัตราการไหล 620 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง
9. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 900 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง
10. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 170 ตัน อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง
11. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 720 ตัน

2.3 ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

ระบบ Ice Storage ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้ ระบบทำความเย็นจะทำน้ำแข็งในช่วงเวลา 22.00-6.00 น. และทำงานที่ Chiller Mode ในช่วงเวลา 6.00-18.30 น. รูปแสดงวงจรการทำงานของระบบแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.26 ส่วนขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียด ดังนี้

1) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1)

จากปริมาณภาระความร้อนรวม 14,462 ตัน-ชั่วโมง เครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Ice Mode 8 ชั่วโมง และทำงานที่ Chiller Mode 12.5 ชั่วโมง

$$\text{ความเย็นที่ Load Leveling} = \frac{14,460}{8+1.3\times12.5}$$

$$= 596 \text{ ตัน}$$

$\therefore$ เลือกเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง

2) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 600 ตัน (ที่ ice mode) ใช้เวลาทำน้ำแข็ง 8 ชั่วโมง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 600×8

= 4,800 ตัน-ชั่วโมง

$\therefore$ เลือกถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1)

เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Ice Mode และช่วงเวลาทำน้ำเย็นทำงานที่ Chiller Mode ฉะนั้น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นต้องสามารถทำงานทั้งสองหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้ ขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นช่วงทำงานที่ Ice Mode

จากสมการ $\text{GPM} = \frac{Q\times24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

$(600\times1.25$ ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$\text{GPM} = \frac{600\times1.25\times24}{10}$$

= 1,800 GPM

$\therefore$ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 900 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.1.2) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นช่วงทำงานที่ Chiller Mode

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(780×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{780 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 2,340 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นในข้อ 3.1.1) และ 3.1.2) เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

3.2) เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) ทำงาน 2 หน้าที่ ในช่วงเวลาที่ต่างกันดังนี้

- หน้าที่สูบสารละลาย Brine ส่งผ่านความเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นให้กับถังเก็บน้ำแข็งในช่วงเวลาทำน้ำแข็ง (charging)
- หน้าที่สูบสารละลาย Brine ส่งผ่านความเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งให้กับระบบน้ำเย็นที่ Plate Heat Exchanger ในช่วงเวลาที่มีความต้องการความเย็น (Discharging)

ฉะนั้น เครื่องสูบสารละลาย Brine จะต้องมีความสามารถที่จะใช้งานกับหน้าที่ทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้นได้ วิธีการหาขนาดมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1) หาขนาดเครื่องสูบสารละลายที่ทำงานในช่วง Charging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (600 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (7 °F)

$$GPM = \frac{600 \times 25.5}{7}$$

$$= 2,185.7 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่มีอัตราการไหล 1,100 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.2.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลายที่ทำงานในช่วง Discharging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (1,800 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (20 °F)

$$GPM = \frac{1,800 \times 25.5}{20}$$

$$= 2,295 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่มีอัตราการไหล 1,150 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ในข้อ 3.2.1) และ 3.2.2) เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่มีอัตราการไหล 1,150 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.3) เครื่องสูบน้ำเย็น (P3)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) จะมีขนาดเท่ากับขนาดเครื่องสูบน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบเดิม

∴ เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) มีอัตราการไหล 1080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 ตัว

4) หาขนาดหอผึ่งลม (CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 390 ตัน และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีขนาด 1,170 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 390 ตัน อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 390 ตัน อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

5. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) อัตราการไหล 1,150 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

7. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 1,800 ตัน

3. ระบบ Ice Container

ระบบ Ice Container เป็นระบบ Ice Storage ระบบหนึ่งที่ทำการศึกษา โดยจะทำการศึกษาถึงกลยุทธ์การทำงาน 3 แบบ ดังที่กล่าวมาข้างต้น การออกแบบระบบ Ice Storage ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแต่ละแบบสำหรับอาคาร ปตท. มีขั้นตอนในการออกแบบดังนี้

3.1 ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การออกแบบระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้มีวงจรการทำงานแสดงในรูปที่ 3.27 สำหรับขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

1) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากภาระความร้อนรายชั่วโมงรวมในช่วงเวลา 6.00-22.00 น. ของวันพฤหัสบดีที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 (design day) มีค่าเท่ากับ 14,462 ตัน-ชั่วโมง และหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage (Dorgan และ Elleson,1993) แนะนำให้คิดค่าสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อน (thermal conduction loss) มีค่าประมาณ 1-5% ของขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 14,462×1.05

= 15,185 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกใช้ถังเก็บน้ำแข็งขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง

2) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1)

เครื่องทำงานตั้งแต่ 22 00-6.00 น. ของอีกวันหนึ่ง รวมเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

เครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด = ปริมาณความเย็นที่ต้องการ/ระยะเวลาเดินเครื่อง

$$= \frac{15,500}{8}$$

= 1,937.5 ตัน

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน 5 เครื่อง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (condenser water pump), (P1)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(500×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิของน้ำขาเข้าและขาออก

(10 °F)

$$GPM = \frac{500 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 1,500 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นขนาด 1,500 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

เครื่องสูบสารละลาย Brine ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา Charging และช่วงเวลา Discharging ฉะนั้น เครื่องสูบสารละลาย Brine ต้องสามารถทำงานทั้งสองหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้ ขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Charging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (500 ตัน)

ΔT คือความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก

(7 °F)

$$GPM = \frac{500 \times 25.5}{7}$$

$$= 1,821.43 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นขนาด 1,850 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.2.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Discharging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (500 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิ น้ำขาเข้าและขาออก

$(10\ ^{\circ}F)$

$$GPM = \frac{450 * 25.5}{10}$$

$$= 1,275\ GPM$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นขนาด 1,275 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดในข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 เลือกใช้เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) ขนาด 1,850 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำเย็น (chilled water pump), (P3)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นไปจ่ายความเย็นให้กับอาคารที่เครื่องจ่ายลมเย็น ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับเครื่องสูบน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบเดิม

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็น (P3) มีขนาด 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

4) หอผึ่งลม (cooling tower),(CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 500 ตัน และเครื่องสูบน้ำเย็นมีขนาดอัตราการไหล 1,500 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 500 ตัน อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (cooling tower),(CT1) ขนาด 500 ตัน อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,500 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

5. เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) อัตราการไหล 1,850 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

7. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 1,800 ตัน

3.2 ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้ บริเวณปรับอากาศจะได้รับความเย็นจาก 2 แหล่ง คือ ช่วงเวลา On Peak จะนำความเย็นมาจากระบบ Ice Storage และช่วงเวลาอื่นจะนำความเย็นมาจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบเดิม วงจรการทำงานของระบบแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.28

การออกแบบจะทำการหาขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- ระบบปรับอากาศแบบเดิม
- ระบบปรับอากาศที่นำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็ง

สำหรับรายละเอียดในการออกแบบสำหรับแต่ละส่วนมีดังนี้

ก. การออกแบบระบบปรับอากาศแบบเดิม

ในขั้นตอนนี้จะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดการออกแบบ อุปกรณ์ที่ใช้จะมีขนาดเท่ากับอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิมดังมีรายการต่อไปนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็น (CH2) ขนาด 450 ตัน (45 ^{o}F,55 ^{o}F) จำนวน 4 เครื่อง
2. หอผึ่งลม (CT2) ขนาด 450 ตัน อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง
3. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P4) อัตราการไหล 1,350 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

4. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

ข. การออกแบบระบบปรับอากาศที่นำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็ง

การทำงานของระบบปรับอากาศแบบนี้จะนำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็งเฉพาะช่วงเวลา On Peak (18.30-21.30 น.) เท่านั้น รายละเอียดของการออกแบบมีดังนี้

1) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากภาระความร้อนรายชั่วโมงรวมในช่วงเวลา 18.30-21.30 น. ของวันพฤหัสบดีที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 (design day) มีค่าเท่ากับ 1,178 ตัน-ชั่วโมง และหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage (Dorgan และ Elleson,1993) แนะนำให้คิดค่าสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อน (thermal conduction loss) มีค่าประมาณ 1-5 % ของขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 1,178×1.05

= 1,237 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกถังเก็บน้ำแข็งขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง

2) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller), (CH1)

เครื่องทำงานตั้งแต่ 22.00-6.00 น. ของอีกวันหนึ่งรวมเป็นระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง

เครื่องทำความเย็นมีขนาด = ปริมาณความเย็นที่ต้องการ/ระยะเวลาเดินเครื่อง

$$= \frac{1,300}{8}$$

= 162.5 ตัน

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก
(170×1.25 ตัน)
ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก
(10 °F)

$$GPM = \frac{170 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 510 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 450 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง

3.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา Charging และช่วงเวลา Discharging ฉะนั้น เครื่องสูบสารละลาย Brine ต้องสามารถทำงานทั้งสองหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้ ขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Charging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (170 ตัน)
ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิ น้ำขาเข้าและขาออก
(7 °F)

$$GPM = \frac{170 \times 25.5}{7}$$

$$= 619.29 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย brine ขนาด 620 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง

3.2.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Discharging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (720 ตัน)
ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก
(10 °F)

$$GPM = \frac{720 \times 25.5}{10}$$

$$= 1,836 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brine ขนาด 950 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง

∴ จากการหาขนาดในข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) ขนาด 950 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง

4) หาขนาดหอผึ่งลม (CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 170 ตัน และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีขนาด 510 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 170 ตัน อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (CH2) ขนาด 450 ตัน (45 °F, 55 °F) จำนวน 4 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT2) ขนาด 450 ตัน อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P4) อัตราการไหล 1,350 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
5. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
6. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง
7. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 510 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง
8. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) อัตราการไหล 950 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง
9. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 170 ตัน อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง
10. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 720 ตัน

3.3 ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

ระบบ Ice Storage ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้ ระบบทำความเย็นจะทำน้ำแข็งในช่วงเวลา 22.00-6.00 น. และทำงานที่ Chiller Mode ในช่วงเวลา 6.00-18.30 น. รูปแสดงวงจรการทำงานของระบบแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.29 สำหรับขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียด ดังนี้

1) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller), (CH1)

จากปริมาณภาระความร้อนรวม 14,462 ตัน-ชั่วโมง เครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Ice Mode 8 ชั่วโมง และทำงานที่ Chiller Mode 12.5 ชั่วโมง

$$\text{ความเย็นที่ load leveling} = \frac{14{,}460}{8+1.3\times12.5}$$

$$= 596 \text{ ตัน}$$

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง

2) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 600 ตัน (ที่ ice mode) ใช้เวลาทำน้ำแข็ง 8 ชั่วโมง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 600×8

= 4,800 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1)

เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Ice Mode และช่วงเวลาทำน้ำเย็นทำงานที่ Chiller Mode ฉะนั้น เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นจะต้องสามารถทำงานทั้งสองหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้ ขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1) หาขนาดเครื่องสูบหล่อน้ำเย็นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นช่วงทำงานที่ Ice Mode

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(600×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{600 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 1,800 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 900 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.1.2) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นช่วงทำงานที่ Chiller Mode

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(780×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{780 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 2,340 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นในข้อ 3.1.1) และ 3.1.2) เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) มีอัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

3.2) เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) ทำงาน 2 หน้าที่ ในช่วงเวลาที่ต่างกันดังนี้

- หน้าที่สูบสารละลาย Brine ส่งผ่านความเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นให้กับถังเก็บน้ำแข็งในช่วงเวลาทำน้ำแข็ง (charging)
- หน้าที่สูบสารละลาย Brine ส่งผ่านความเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งให้กับระบบน้ำเย็นที่ Plate Heat Exchanger ในช่วงเวลาที่มีความต้องการความเย็น (discharging)

ฉะนั้น เครื่องสูบสารละลาย Brine จะต้องมีความสามารถที่จะใช้งานกับหน้าที่ทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้นได้ วิธีการหาขนาดมีดังนี้

3.2.1) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Charging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (600 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (7 °F)

$$GPM = \frac{600 \times 25.5}{7}$$

$$= 2,185.7 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่มีอัตราการไหล 1,100 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.2.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลายที่ทำงานในช่วง Discharging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการถ่ายเท (1,800 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (20 °F)

$$GPM = \frac{1,800 \times 25.5}{20}$$

$$= 2,295 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่มีอัตราการไหล 1,150 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดของเครื่องสูบสารละลาย Brine ในข้อ 3.2.1) และ 3.2.2) เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine มีอัตราการไหล1,150 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.3) เครื่องสูบสูบน้ำเย็น (P3)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) จะมีขนาดเท่ากับระบบแบบเดิม อัตราการไหล 1080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 ตัว

4) หาขนาดหอผึ่งลม (CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 390 ตัน และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีขนาด 1,170 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 390 ตัน อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 390 ตัน อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง
5. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) อัตราการไหล 1,150 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
7. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 1,800 ตัน

4. ระบบ Ice Tank

ระบบ Ice Tank เป็นระบบ Ice Storage ระบบหนึ่งที่ทำการศึกษา โดยจะทำการศึกษาถึงกลยุทธ์การทำงาน 3 แบบ ดังที่กล่าวมาข้างต้น การออกแบบระบบ Ice Storage ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแต่ละแบบสำหรับอาคาร ปตท. มีขั้นตอนในการออกแบบดังนี้

4.1 ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การออกแบบระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้มีวงจรการทำงานแสดงในรูปที่ 3.30 สำหรับขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

1) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากภาระความร้อนรายชั่วโมงรวมในช่วงเวลา 6.00-22.00 น. ของวันพฤหัสบดีที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 (design day) มีค่าเท่ากับ 14,462 ตัน-ชั่วโมง และหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage (Dorgan และ Elleson,1993) แนะนำให้คิดค่าสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อน (thermal conduction loss) มีค่าประมาณ 1-5% ของขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 14,462×1.05

= 15,185 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกใช้ถังเก็บน้ำแข็งขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง

2) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1)

เครื่องทำงานตั้งแต่ 22.00-6.00 น. ของอีกวันหนึ่ง รวมเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

เครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด = ปริมาณความเย็นที่ต้องการ/ระยะเวลาเดินเครื่อง

$$= \frac{15,500}{8}$$

= 1,937.5 ตัน

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 500 ตัน 5 เครื่อง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (condenser water pump), (P1)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (500×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{500 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 1,500 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นขนาด 1,500 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา Charging และช่วงเวลา Discharging ฉะนั้น เครื่องสูบสารละลาย Brine จะต้องสามารถทำงานทั้งสองหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้ ส่วนขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Charging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (500 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (7 °F)

$$GPM = \frac{500 \times 25.5}{7}$$

$$= 1,821.43 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brine ขนาด 1,850 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.2.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Discharging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (500 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก

$(10\ ^{\circ}F)$

$$GPM = \frac{500 \times 25.5}{10}$$

$$= 1,275\ GPM$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brine ขนาด 1,275 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดในข้อ 3.2.1) และ 3.2.2) เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) ขนาด 1,850 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

3.3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำเย็น (chilled water pump), (P3)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P4) ทำหน้าที่ส่งน้ำเย็นไปจ่ายความเย็นให้กับอาคารที่เครื่องจ่ายลมเย็น ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับเครื่องสูบน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบเดิม

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำเย็น (P3) มีขนาด 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

4) หอผึ่งลม (cooling tower),(CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 500 ตัน และเครื่องสูบน้ำเย็นมีขนาดอัตราการไหล 1,650 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 500 ตัน อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank ขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

3. หอผึ่งลม (cooling tower),(CT1) ขนาด 500 ตัน อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,500 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

5. เครื่องสูบน้ำเย็น (P2) อัตราการไหล 1,850 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 5 เครื่อง

6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

7. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 1,800 ตัน

4.2 ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงาน Full Storage On Peak

ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้ บริเวณปรับอากาศจะได้รับความเย็นจาก 2 แหล่ง คือ ช่วงเวลา On Peak จะนำความเย็นมาจากระบบ Ice Storage และช่วงเวลาอื่นจะนำความเย็นมาจากเครื่องทำน้ำเย็นแบบเดิม วงจรการทำงานของระบบแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.31

การออกแบบจะทำการหาขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- ระบบปรับอากาศแบบเดิม
- ระบบปรับอากาศที่นำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็ง

รายละเอียดในการออกแบบสำหรับแต่ละส่วนมีดังนี้

ก. การออกแบบระบบปรับอากาศแบบเดิม

ในขั้นตอนนี้จะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดการออกแบบ อุปกรณ์ที่ใช้จะมีขนาดเท่ากับอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิมดังมีรายการต่อไปนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็น (CH2) ขนาด 450 ตัน (45 $^{\circ}$F,55 $^{\circ}$F) จำนวน 4 เครื่อง

2. หอผึ่งลม (CT2) ขนาด 450 ตัน อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง

3. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P4) อัตราการไหล 1,350 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

4. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

ข. การออกแบบระบบปรับอากาศที่นำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็ง

การทำงานของระบบปรับอากาศแบบนี้จะนำความเย็นมาจากถังเก็บน้ำแข็งเฉพาะช่วงเวลา On Peak (18.30-21.30 น.) เท่านั้น รายละเอียดของการออกแบบมีดังนี้

1) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากภาระความร้อนรายชั่วโมงรวมในช่วงเวลา 18.30-21.30 น. ของวันพฤหัสบดีที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2538 (design day) มีค่าเท่ากับ 1,178 ตัน-ชั่วโมง และหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage (Dorgan และ Elleson,1993) แนะนำให้คิดค่าสูญเสียความร้อนจากการนำความร้อน (thermal conduction loss) มีค่าประมาณ 1-5 % ของขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 1,178×1.05

= 1,237 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกถังเก็บน้ำแข็งขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง

2) หาขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller), (CH1)

เครื่องทำงานตั้งแต่ 22.00-6.00 น. ของอีกวันหนึ่งรวมเป็นระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง

เครื่องทำความเย็นมีขนาด = ปริมาณความเย็นที่ต้องการ/ระยะเวลาเดินเครื่อง

$$= \frac{1,300}{8}$$

= 162.5 ตัน

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1)

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก
(170×1.25 ตัน)
ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก
(10 °F)

$$GPM = \frac{170 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 510 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 510 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง

3.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

เครื่องสูบสารละลาย Brine ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา Charging และช่วงเวลา Discharging ฉะนั้น เครื่องสูบสารละลาย Brine จะต้องสามารถทำงานทั้งสองหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้ ขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Charging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (170 ตัน)
ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก
(7 °F)

$$GPM = \frac{170 \times 25.5}{7}$$

$$= 619.29 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brine ขนาด 620 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง

3.2.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่ทำงานในช่วง Discharging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (720 ตัน)
ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก
(10 °F)

$$GPM = \frac{720 \times 25.5}{10}$$

$$= 1,836 \text{ GPM}$$

∴ เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brineขนาด 950 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดในข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 เลือกใช้เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) ขนาด 950 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง

4) หาขนาดหอผึ่งลม (CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 170 ตัน และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีขนาด 510 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 170 ตัน อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank ขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (CH2) ขนาด 450 ตัน (45 °F, 55 °F) จำนวน 4 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT2) ขนาด 450 ตัน อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P4) อัตราการไหล 1,350 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
5. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
6. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง
7. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 510 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 1 เครื่อง
8. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) อัตราการไหล 950 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 2 เครื่อง
9. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 170 ตัน อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง
10. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 720 ตัน

4.3 ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

ระบบ Ice Storage ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบนี้ ระบบทำความเย็นจะทำน้ำแข็งในช่วงเวลา 22.00-6.00 น. และทำงานที่ Chiller Mode ในช่วงเวลา 6.00-18.30 น. รูปแสดงวงจรการทำงานของระบบแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.32 ส่วนขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียด ดังนี้

1) หาขนาด เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1)

จากปริมาณภาระความร้อนรวม 14,462 ตัน-ชั่วโมง เครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Ice Mode 8 ชั่วโมง และทำงานที่ Chiller Mode 12.5 ชั่วโมง

$$\text{ความเย็นที่ load leveling} = \frac{14{,}460}{8+1.3\times12.5}$$

$$= 596 \text{ ตัน}$$

∴ เลือกเครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง

2) หาขนาดถังเก็บน้ำแข็ง

จากเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 600 ตัน (ที่ ice mode)ใช้เวลาทำน้ำแข็ง 8 ชั่วโมง

ถังเก็บน้ำแข็งมีขนาด = 600×8

= 4,800 ตัน-ชั่วโมง

∴ เลือกถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง

3) หาขนาดเครื่องสูบน้ำ

3.1) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1)

เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงาน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเครื่องทำน้ำเย็นทำงานที่ Ice Mode และช่วงเวลาทำน้ำเย็นทำงานที่ Chiller Mode ฉะนั้น เครื่องน้ำหล่อเย็นจะต้องสามารถทำงานทั้งสองหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้ ขั้นตอนการออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นช่วงทำงานที่ Ice Mode

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(600 ×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{600 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 1,800 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 900 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.1.2) หาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำหล่อเย็นให้กับเครื่องทำน้ำเย็นช่วงทำงานที่ Chiller Mode

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 24}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก

(780 ×1.25 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (10 °F)

$$GPM = \frac{780 \times 1.25 \times 24}{10}$$

$$= 2,340 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นในข้อ 3.1.1) และ 3.1.2) เลือก เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นที่มีอัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง

3.2) เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) ทำงาน 2 หน้าที่ ในช่วงเวลาที่ต่างกันดังนี้

- หน้าที่สูบสารละลาย Brine ส่งผ่านความเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นให้กับถังเก็บน้ำแข็งในช่วงเวลาทำน้ำแข็ง (Charging)
- หน้าที่สูบสารละลาย Brine ส่งผ่านความเย็นจากถังเก็บน้ำแข็งให้กับระบบน้ำเย็นที่ Plate Heat Exchanger ในช่วงเวลาที่มีความต้องการความเย็น (discharging)

ฉะนั้น เครื่องสูบสารละลาย Brine จะต้องมีความสามารถที่จะใช้งานกับหน้าที่ทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้นได้ วิธีการหาขนาดมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1) หาขนาดเครื่องสูบสารละลายที่ทำงานในช่วง Charging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (600 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (7 °F)

$$GPM = \frac{600 \times 25.5}{7}$$

$$= 2,185.7 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่มีอัตราการไหล 1,100 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.2.2) หาขนาดเครื่องสูบสารละลายที่ทำงานในช่วง Discharging

จากสมการ $GPM = \frac{Q \times 25.5}{\Delta T}$

แทนค่า Q คือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (1,800 ตัน)

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิน้ำขาเข้าและขาออก (20 °F)

$$GPM = \frac{1,800 \times 25.5}{20}$$

$$= 2,295 \text{ GPM}$$

∴ เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่มีอัตราการไหล 1,150 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

สรุปจากการหาขนาดเครื่องสูบสารละลาย Brine ในข้อ 3.1.1) และ 3.1.2) เลือกเครื่องสูบสารละลาย Brine ที่มีอัตราการไหล 1,150 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง

3.3) เครื่องสูบสูบน้ำเย็น (P3)

เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) จะมีขนาดเท่ากับเครื่องสูบน้ำเย็นของระบบปรับอากาศแบบเดิม

∴ เครื่องสูบน้ำเย็น (P3)มีอัตราการไหล 1080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 ตัว

4) หาขนาดหอผึ่งลม (CT1)

จากเครื่องทำน้ำเย็นมีขนาด 390 ตัน และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นมีขนาด 1,170 GPM

∴ เลือกใช้หอผึ่งลมขนาด 390 ตัน อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง

สรุปรายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller),(CH1) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง
3. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 390 ตัน อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง
4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,170 GPM แรงดันน้ำ 70 ฟุตน้ำ จำนวน 3 เครื่อง
5. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 60 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3) อัตราการไหล 1,080 GPM แรงดันน้ำ 100 ฟุตน้ำ จำนวน 4 เครื่อง
7. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) ขนาด 1,800 ตัน

ภาคผนวก ง

การหาค่าความคุ้มทุน

ในส่วนนี้จะทำการคำนวณหาค่าความคุ้มทุน โดยใช้ค่า Pay-back Period เป็นค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่แสดงถึงความคุ้มทุนของระบบ Ice Storage แต่ละระบบ ขั้นตอนการคำนวณหาค่า Pay-back Period ของระบบ Ice Storage แต่ละระบบมีรายละเอียด ดังนี้

1. ระบบ Ice Harvester

ในส่วนนี้จะทำการคำนวณหาค่า Pay-back Period ของระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนี้

1.1 ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

1.1.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

อุปกรณ์	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ค่าแรงงานต่อหน่วย
1. เครื่องทำน้ำเย็น(chiller)	ตัน	7,000	700
2. หอผึ่งลม (cooling tower)	ตัน	1,500	150
3. เครื่องสูบน้ำ	GPM	150	10

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ดังนี้

1. เครื่องทำน้ำเย็น (chiller) ขนาด 450 ตัน จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 450×4×(7,000+700)

= 13,860,000 บาท

2. หอผึ่งลม (cooling tower) ขนาด 450 ตัน จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 450×4×(1,500+150)

= 2,970,000 บาท

3. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (condenser water pump) อัตราการไหล 1,350 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,350×4×(150+10)

= 864,000 บาท

4. เครื่องสูบน้ำเย็น (chilled water pump) อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. มีค่าเท่ากับ

= 13,860,000+2,970,000+691,200+864,000

= **18,385,200 บาท**

1.1.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้ จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

อุปกรณ์	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ค่าแรงงานต่อหน่วย
1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester	ตัน-ชั่วโมง	625	62.5
2. ชุดทำน้ำแข็ง (refrigeration machine)	ตัน	30,000	3,000
3. ค่าแผ่น Plate	ตัน	19,500	1,950
4. หอผึ่งลม (cooling tower)	ตัน	1,500	150
5. เครื่องสูบน้ำ	GPM	150	10
4. Piate Heat Exchanger	ตัน	250	25

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง

ราคาประมาณ = 15,500×(625+62.5)

= 10,656,250 บาท

2. ชุดทำน้ำแข็ง (refrigeration machine) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 500×5×(30,000+3,000)

= 82,500,000 บาท

3. หอผึ่งลม (cooling tower) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 500×5×(1,500+150)

= 4,125,000 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น

P1 อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,500×5×(150+10)

= 1,200,000 บาท

5. เครื่องสูบน้ำเย็น

P2 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

P3 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 1,800 ตัน

ราคาประมาณ = 1,800×(250+25)

= 495,000 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 10,656,250+82,500,000+4,125,000+1,200,000+691,200
+691,200+495,000

= **100,358,650 บาท**

1.1.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester มีขนาด 0.085-0.094 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.043-0.047 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 15,500 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.045 \times 15,500 = 697.5$ m^2

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $697.5 \times 300 \times 12 = 2,511,00$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825-(12,054,000+2,511,000)

= -1,547,175 บาท

1.1.4 หาค่า pay-back-period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]

= 100,358,650-18,385,200

= 81,973,450 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 1.1.3 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าระบบแบบนี้ไม่มีความคุ้มทุนในการใช้งาน

1.2 ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

1.2.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ วิธีการคำนวณแสดงในหัวข้อ 1.1.1

1.2.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยแสดงในหัวข้อที่ 1.1.2

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง
   ราคาประมาณ = 1,300 * (625+62.5)
   = 893,750 บาท

2. ชุดทำน้ำแข็ง (refrigeration machine) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 170×(30,000+3,000)
   = 5,610,000 บาท

3. หอผึ่งลม (cooling tower) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 170×(1,500+150)
   = 280,500 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น
   P1 อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 510×(150+10)
   = 81,600 บาท

5. เครื่องสูบน้ำเย็น

P2 อัตราการไหล 900 GPM จำนวน 2 เครื่อง

ราคาประมาณ = 900×2×(150+10)

= 288,000 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 720 ตัน

ราคาประมาณ = 720×(250+25)

= 198,000 บาท

7. ค่าอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิม 18,385,200 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 893,750+5,610,000+280,500+81,600+288,000+198,000
+18,385,200

= 25,251,050 บาท

1.2.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester มีขนาด 0.085-0.094 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.043-0.047 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 1,300 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.045 \times 1,300 = 58.5\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $85.5 \times 300 \times 12 = 210,600$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825-(11,751,650+210,600)
= 1,055,575 บาท

1.2.4 หาค่า pay-back-period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]
= 25,251,050-18,385,200
= 6,865,850 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 1.2.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{6,865,850}{1,055,575}$$
$$= 6.50 \text{ ปี}$$

1.3 ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

1.3.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ วิธีการคำนวณแสดงในหัวข้อ 1.1.1

1.3.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยแสดงในหัวข้อที่ 1.1.2

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ในระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง

ราคาประมาณ = 4,800×(625+62.5)

= 3,300,000 บาท

2. ชุดทำน้ำแข็ง (refrigeration machine) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง

ราคาประมาณ = 300×3×(30,000+3,000)

= 29,700,000 บาท

3. หอผึ่งลม (cooling tower) ขนาด 390 ตัน จำนวน 3 เครื่อง

ราคาประมาณ = 390×3×(1,500+150)

= 1,930,500 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น

P1 อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,170×3× (150+10)

= 561,600 บาท

5. เครื่องสูบน้ำเย็น

P2 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

P3 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

6. Piate Heat Exchanger ขนาด 1,800 ตัน

ราคาประมาณ = 1,800×(250+25)

= 495,000 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 3,300,000+29,700,000+1,930,500+561,600+691,200

+691,200+495,00

= **37,369,500 บาท**

1.3.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester มีขนาด 0.085-0.094 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.043-0.047 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Harvester ขนาด 4,800 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.045 \times 4,800 = 216.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $216.0 \times 300 \times 12 = 777,600$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825-(12,127,814+777,600)

= 112,411 บาท

1.3.4 หาค่า pay-back-period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Harvester ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]

= 37,369,500-18,385,200

= 18,984,300 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 1.3.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{18,984,300}{112,411}$$

= 168.88 ปี

2. ระบบ Ice-on-coil

ในส่วนนี้จะทำการคำนวณหาค่า Pay-back Period ของระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ดังนี้

2.1 ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

2.1.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคาแสดงในหัวข้อที่ 1.1.1

2.1.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การประมาณคาลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้ จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

อุปกรณ์	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ค่าแรงงานต่อหน่วย
1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil	ตัน-ชั่วโมง	1,500	150
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller)	ตัน	10,000	1,000
3. หอผึ่งลม (cooling tower)	ตัน	1,500	150
4. เครื่องสูบน้ำ	GPM	150	10
5. Plate Heat Exchanger	ตัน	250	25

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง

ราคาประมาณ = 15,500×(1,500+150)

= 25,575,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 500×5×(10,000+1,000)

= 27,500,000 บาท

3. หอผึ่งลม (cooling tower) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 500×5×(1,500+150)

= 4,125,000 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,500×5×(150+10)

= 1,200,000 บาท

5. เครื่องสูบน้ำเย็น

(P2) อัตราการไหล 1,850 GPM จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,850×5×(150+10)

= 1,480,000 บาท

(P3) อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

(P4) อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 1,800 ตัน

ราคาประมาณ = 1,800×(250+25)

= 495,000 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 25,575,000 + 27,500,000 + 4,125,000 + 1,200,000

+ 1,480,000 + 691,200 + 691,200+495,000

= **61,757,400 บาท**

2.1.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 15,500 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 15,500 = 620.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $620.0 \times 300 \times 12 = 2,232,00$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (11,935,053+2,232,000)
= -1,149,228 บาท

2.1.4 หาค่า pay-back-period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]
= 61,757,400 - 18,385,200
= 43,372,200 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 2.1.3 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าระบบแบบนี้ไม่มีความคุ้มทุนในการใช้งาน

2.2 ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

2.2.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ วิธีการคำนวณแสดงในหัวข้อ 1.1.1

2.2.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยแสดงในหัวข้อที่ 2.1.2

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง
   ราคาประมาณ = 1,300×(1,500+150)
   = 2,145,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 170×(10,000+1,000)
   = 1,870,000 บาท

3. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 170×(1,500+150)
   = 280,500 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 510×(150+0)
   = 81,600 บาท

5. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)
   P2 อัตราการไหล 620 GPM จำนวน 2 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 620×2×(150+10)
   = 198,400 บาท

6. เครื่องสูบน้ำเย็น (P3)
   P3 อัตราการไหล 900 GPM จำนวน 2 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 900×2×(150+10)
   = 288,000 บาท

7. Plate Heat Exchanger ขนาด 720 ตัน
   ราคาประมาณ = 720×(250+25)
   = 198,000 บาท

8. อุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิมราคา 18,385,200 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 2,145,000 + 1,870,000 + 280,500 +81,600+ 198,400
+ 288,000 + 198,000 + 18,385,200

= **23,446,700 บาท**

2.2.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 1,300 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 1,300 = 52.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ 52.0×300×12 = 187,200 บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (11,687,200+187,200)
= 1,143,425 บาท

2.2.4 หาค่า pay-back-period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]
= 23,446,700 - 18,385,200
= 5,061,500 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 2.2.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{5,061,500}{1,143,425}$$
= 4.43 ปี

2.3 ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

2.3.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ วิธีการคำนวณแสดงในหัวข้อ 1.1.1

2.3.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยแสดงในหัวข้อที่ 2.1.2

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ในระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง

ราคาประมาณ = 4,800×(1,500+150)

= 7,920,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง

ราคาประมาณ = 300*3*(10,000+1,000)

= 9,900,000 บาท

3. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 390 ตัน จำนวน 3 เครื่อง

ราคาประมาณ = 390×3×(1,500+150)

= 1,930,500 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,170×3×(150+10)

= 561,600 บาท

5. เครื่องสูบน้ำเย็น

P2 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

P3 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 1,800 ตัน

ราคาประมาณ = 1,800×(250+25)

= 495,000 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 7,920,000 + 9,900,000 + 1,930,500 + 561,600

+ 691,200 + 691,200 + 495,000

= **22,189,500** บาท

2.3.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage ตลอดช่วงเวลา On Peak

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงาน แบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงาน แบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice-on-coil ขนาด 4,800 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 4,800 = 204.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $204.0 \times 300 \times 12 = 691,200$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (12,028,048+691,200)

= 298,577 บาท

2.3.4 หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice-on-coil ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]

= 22,189,850 - 18,385,200

= 3,804,300 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 2.3.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{3{,}804{,}300}{298{,}577}$$

= 12.74 ปี

3. ระบบ Ice Container

ในส่วนนี้จะทำการคำนวณหาค่า Pay-back Period ของระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ดังนี้

3.1 ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

3.1.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคาแสดงในหัวข้อที่ 1.1.1

3.1.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้ จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

อุปกรณ์	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ค่าแรงงานต่อหน่วย
1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container (ice ball)	ตัน-ชั่วโมง	2,800	280
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller)	ตัน	10,000	1,000
3. หอผึ่งลม (cooling tower)	ตัน	1,500	150
4. เครื่องสูบน้ำ	GPM	150	10
5. Plate Heat Exchanger	ตัน	250	25

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง

ราคาประมาณ = 15,500×(2,800+280)

= 47,740,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 500×5×(10,000+1,000)

= 27,500,000 บาท

3. หอผึ่งลม (cooling tower) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 500×5×(1,500+150)

= 4,125,000 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,500×5×(150+10)

= 1,200,000 บาท

5. เครื่องสูบน้ำเย็น

(P2) อัตราการไหล 1,850 GPM จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,850×5×(150+10)

= 1,480,000 บาท

(P3) อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 1,800 ตัน

ราคาประมาณ = 1,800×(250+25)

= 495,000 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 47,740,000 + 27,500,000 + 4,125,000 + 1,200,000

+ 1,480,000 + 691,200 + 495,000

= **83,231,200 บาท**

3.1.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้

จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 15,500 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 15,500 = 620.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $620.0 \times 300 \times 12 = 2,232,000$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (11,909,097+2,232,000)
= -1,123,272 บาท

3.1.4 หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]
= 83,231,200 - 18,385,200
= 64,846,000 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 1.1.3 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าระบบแบบนี้ไม่มีความคุ้มทุนในการใช้งาน

3.2 ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

3.2.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ วิธีการคำนวณแสดงในหัวข้อ 1.1.1

3.2.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยแสดงในหัวข้อที่ 3.1.2

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง

ราคาประมาณ = 1,300×(2,800+280)

= 4,004,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น(ice chiller) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง

ราคาประมาณ = 170×(10,000+1,000)

= 1,870,000 บาท

3. หอผึ่งลม(CT1) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง

ราคาประมาณ = 170×(1,500+150)

= 280,500 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง

ราคาประมาณ = 510× (150+10)

= 81,600 บาท

5. เครื่องสูบสารละลาย Brine (P2)

P2 อัตราการไหล 950 GPM จำนวน 2 เครื่อง

ราคาประมาณ = 950×2×(150+10)

= 304,000 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 720 ตัน

ราคาประมาณ = 720×(250+25)

= 198,000 บาท

7. อุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิมราคา 18,385,200 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 4,004,000 + 1,870,000 + 280,500 +81,000+ 304,000

+ 198,000 + 18,385,200

= **25,123,300** บาท

3.2.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 1,300 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 1,300 = 52.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $52.0 \times 300 \times 12 = 187,200$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (11,767,171+187,200)

= 1,063,454 บาท

3.2.4 หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]

= 25,123,300 - 18,385,200

= 6,738,100 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 3.2.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{6,738,100}{1,063,454}$$

= 6.34 ปี

3.3 ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

3.3.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ วิธีการคำนวณแสดงในหัวข้อ 1.1.1

3.3.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยแสดงในหัวข้อที่ 3.1.2

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ในระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง
   ราคาประมาณ = 4,800×(28,00+280)
   = 14,784,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น(ice chiller) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 300×3×(10,000+1,000)
   = 9,900,000 บาท
3. หอผึ่งลม(CT1) ขนาด 390 ตัน จำนวน 3 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 390×3×(1,500+150)
   = 1,930,500 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,170×3×(150+10)

= 561,600 บาท

5. เครื่องสูบน้ำเย็น

P2 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

P3 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 1,800 ตัน

ราคาประมาณ = 1,800×(250+25)

= 495,000 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 14,784,000 + 9,900,000 + 1,930,500 + 561,600

+ 691,200 + 691,200 + 495,000

= **29,053,500 บาท**

3.3.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงาน แบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงาน แบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 4,800 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 4,800 = 204.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $204.0 \times 300 \times 12 = 691,200$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (12,056,390+691,200)
= 270,235 บาท

3.3.4 หาค่า pay-back-period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Container ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]
= 29,053,500 - 18,385,200
= 10,668,300 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 3.3.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{10,668,300}{270,235}$$

$$= 39.48 \text{ ปี}$$

4. ระบบ Ice Tank

ในส่วนนี้จะทำการคำนวณหาค่า Pay-back Period ของระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ดังนี้

4.1 ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

4.1.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคาแสดงในหัวข้อที่ 1.1.1

4.1.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้ จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

อุปกรณ์	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	ค่าแรงงานต่อหน่วย
1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank	ตัน-ชั่วโมง	1,500	150
2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller)	ตัน	10,000	1,000
3. หอผึ่งลม (cooling tower)	ตัน	1,500	150
4. เครื่องสูบน้ำ	GPM	150	10
5. Plate Heat Exchanger	ตัน	250	25

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank ขนาด 15,500 ตัน-ชั่วโมง

ราคาประมาณ = 15,500×(1,500+150)

= 25,575,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 500×5×(10,000+1,000)

= 27,500,000 บาท

3. หอผึ่งลม (cooling tower) ขนาด 500 ตัน จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 500×5×(1,500+150)

= 4,125,000 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 1,500 GPM จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,500×5×(150+10)

= 1,200,000 บาท

5. เครื่องสูบน้ำเย็น

(P2) อัตราการไหล 1,800 GPM จำนวน 5 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,800×5×(150+10)

= 1,480,000 บาท

(P3) อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 1,800 ตัน

ราคาประมาณ = 1800×(250+25)

= 495,000 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 25,575,000 + 27,500,000 + 4,125,000 + 1,200,000

+ 1,480,000 + 691,200 + 495,000

= **61,066,200 บาท**

4.1.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 15,500 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 15,500 = 620.0$ m^2

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $620.0 \times 300 \times 12 = 2,232,000$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (12,010,985+2,232,000)
= -1,225,160 บาท

4.1.4 หาค่า pay-back-period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]
= 61,066,200 - 18,385,200
= 42,681,000 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 4.1.3 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าระบบแบบนี้ไม่มีความคุ้มทุนในการใช้งาน

4.2 ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้ขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

4.2.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ วิธีการคำนวณแสดงในหัวข้อ 1.1.1

4.2.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยแสดงในหัวข้อที่ 4.1.2

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank ขนาด 1,300 ตัน-ชั่วโมง

ราคาประมาณ = 1,300×(1,500+150)

= 2,145,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น (ice chiller) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง

ราคาประมาณ = 170×(10,000+1,000)

= 1,870,000 บาท

3. หอผึ่งลม (CT1) ขนาด 170 ตัน จำนวน 1 เครื่อง

ราคาประมาณ = 170×(1,500+150)

= 280,500 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (P1) อัตราการไหล 510 GPM จำนวน 1 เครื่อง

ราคาประมาณ = 510×(150+10)

= 81,600 บาท

5. เครื่องสูบสารละลาย Brine

P2 อัตราการไหล 950 GPM จำนวน 2 เครื่อง

ราคาประมาณ = 950×2×(150+10)

= 304,000 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 720 ตัน

ราคาประมาณ = 720×(250+25)

= 198,000 บาท

7. อุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบเดิมราคา 18,385,200 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 2,145,000 + 1,870,000 + 280,500 +81,600+ 304,000

+ 198,000 + 18,385,200

= **23,264,300** บาท

4.2.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 1,300 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 1,300 = 52.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $52.0 \times 300 \times 12 = 187,200$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (11,778,929+187,200)

= 1,051,696 บาท

4.2.4 หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]

= 23,264,300 - 18,385,200

= 4,879,100 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 4.2.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{4,879,100}{1,051,696}$$

= 4.64 ปี

4.3 ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

4.2.4 หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]

= 23,264,300 - 18,385,200

= 4,879,100 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 4.2.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{4,879,100}{1,051,696}$$

= 4.64 ปี

4.3 ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบแบบนี้มีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม
- หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak
- หาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

4.3.1 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ วิธีการคำนวณแสดงในหัวข้อ 1.1.1

4.3.2 หาค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การประมาณค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิมที่ใช้ในอาคาร ปตท. จะทำการประมาณราคาเฉพาะอุปกรณ์ที่สำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการประมาณราคา ดังนี้

1) ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วย

ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยแสดงในหัวข้อที่ 4.1.2

2) ประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้

ในระบบปรับอากาศแบบนี้ มีอุปกรณ์ที่ใช้และประมาณราคาได้ ดังนี้

1. ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank ขนาด 4,800 ตัน-ชั่วโมง
   ราคาประมาณ = 4,800×(1,500+150)
   = 7,920,000 บาท

2. เครื่องทำน้ำเย็น(ice chiller) ขนาด 300 ตัน จำนวน 3 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 300×3×(10,000+1,000)
   = 9,900,000 บาท
3. หอผึ่งลม(CT1) ขนาด 390 ตัน จำนวน 3 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 390×3×(1,500+150)
   = 1,930,500 บาท

4. เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น อัตราการไหล 1,170 GPM จำนวน 3 เครื่อง
   ราคาประมาณ = 1,170×3×(150+10)

= 561,600 บาท

5. เครื่องสูบสารละลาย Brine

P2 อัตราการไหล 1,150 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,150×4×(150+10)

= 736,000 บาท

6. เครื่องสูบน้ำเย็น

P3 อัตราการไหล 1,080 GPM จำนวน 4 เครื่อง

ราคาประมาณ = 1,080×4×(150+10)

= 691,200 บาท

6. Plate Heat Exchanger ขนาด 1,800 ตัน

ราคาประมาณ = 1,800×(250+25)

= 495,000 บาท

∴ รวมราคาอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศแบบนี้ มีค่าเท่ากับ

= 7,920,,000 + 9,900,000 + 1,930,500 + 561,600

+ 736,000 + 691,200 + 495,000

= **22,234,300 บาท**

4.3.3 หาผลตอบแทนของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage ตลอดช่วงเวลา On Peak

การหาค่าผลตอบแทนการลงทุน (Incremental Operating Cost) ของระบบปรับอากาศแบบนี้สามารถหาได้จากผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิมกับค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงาน แบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบเดิม คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร

ค่าใช้จ่ายต่อปีของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงาน แบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคาร บวกกับ ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็ง

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศในแต่ละแบบได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 แล้ว

ค่าเช่าพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังเก็บน้ำแข็งสามารถคำนวณได้โดยมีขั้นตอนดังนี้ จากหนังสือ Design Guide for Cool Thermal Storage แนะนำว่า ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Tank มีขนาดประมาณ 0.08 m^3/ton-hr และโดยปกติจะออกแบบให้ถังเก็บน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร ฉะนั้น ถังเก็บน้ำแข็งจะใช้พื้นที่ 0.04 m^2/ton-hr

∴ ถังเก็บน้ำแข็งแบบ Ice Container ขนาด 4,800 ton-hr จะใช้พื้นที่ติดตั้งประมาณเท่ากับ $0.04 \times 4,800 = 204.0\ m^2$

เมื่อคิดค่าเช่าพื้นที่ 300 บาท/ตารางเมตร/เดือน ค่าเช่าพื้นที่ที่ติดตั้งต่อปีมีค่าเท่ากับ $204.0 \times 300 \times 12 = 691,200$ บาทต่อปี

∴ Incremental Operating Cost = 13,017,825 - (12,090,806+691,200)
= 235,819 บาท

4.3.4 หาค่า pay-back-period ของระบบปรับอากาศแบบใช้ระบบ Ice Tank ที่ใช้กลยุทธ์การทำงานแบบ Load Leveling และ Full Storage On Peak

การหาค่า Pay-back Period ของระบบปรับอากาศแบบนี้ สามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

Pay-back Period = [Incremental Investment Cost]/[Incremental Operating Cost]

เมื่อ Incremental Investment Cost = [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบนี้] - [ค่าลงทุนของระบบปรับอากาศแบบเดิม]
= 22,234,300 - 18,385,200
= 3,849,100 บาท

Incremental Operating Cost มีค่าเท่ากับในหัวข้อ 4.3.3

$$\text{Pay-back Period} = \frac{3,849,100}{235,819}$$

$$= 16.32 \text{ ปี}$$

ประวัติผู้เขียน

นายวัฒนา ศรีวาจนะ เกิดวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ. 2514 ที่อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535 และ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536