Chapter 2- Hydronic Piping Systems Introduction

ACMV အင်ဂျင်နီယာများအတွက် ပိုက်အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်း(pipe sizing) နှင့် duct အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်း(sizing)တို့သည် နေ့စဉ်ကြုံတွေ့နေကြ ၊ ပြုလုပ်နေကြ အလုပ်တစ်ခု ဖြစ်သည်။ ပိုက်အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်း(pipe sizing) နှင့် pump head calculation သည် အခေါ်အဝေါ်သာ ကွဲပြားပြီး အသုံးပြုရသည့် သီအိုရီနှင့် သဘောတရားတို့ တူညီကြသည်။ တွက်ယူရသည့်အဆင့် အနည်းငယ် ကွဲပြားသည်။ အသုံးပြုရမည့် ဇယား(table) ၊ အချက်အလက်များ ၊ reference စာအုပ်များ အားလုံး တူညီကြသည်။

Heating and cooling system များတွင် ရေကို heat transfer medium အဖြစ် အသုံးပြုသောကြောင့် Hydronics ဟုခေါ်ဆိုခြင်း ဖြစ်သည်။ အဆောက်အဦတစ်ခုအတွင်း၌ လုပ်ငန်းများ(building services)တွင် ပိုက်များဖြင့် ရေများကို တစ်နေမှ တခြားနေရာသို့ သယ်ဆောင်ရသည် system များစွာရှိသည်။ (circulated from central plant to terminal units via a re-circulating pipework system.)။ M&E အင်ဂျင်နီယာများအနေဖြင့် hydronic system များ ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်းနှင့် သက်ဆိုင်သည် ဗဟုသုတများကို ရှာဖွေလေ့လာထားရမည်။

Hydronic system scope တွင် အောက်ပါအချက်များ ပါဝင်သည်။

- pipe material and jointing method selection
- pipe and pump sizing
- heat transfer to and from pipes
- thermal expansion
- system pressurisation
- flow temperature control
- variable flow design considerations
- dirt and air removal
- commissioning considerations.

Heating နှင့် cooling system များတွင် heat transfer medium အဖြစ်အသုံးပြုမည့် ရေကို သယ်ဆောင်မည့် piping system များသည် Hydronic Piping system ဖြစ်ကြသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် hydronic system ဆိုသည်မှာ conditioned space သို့မဟုတ် process များဆီသို့ hot water သို့မဟုတ် chilled water ကိုသယ်ဆောင်သွားမည့် piping system များဖြစ်ကြသည်။

အောက်ပါအချက်များကို အခြေခံ၍ water system များကို အမျိုးအစား၊ အဆင့်အတန်း (classified) ခွဲခြားထားသည်။

(၁) Operating temperature
(၂) Flow generation
(၃) Pressurization
(၄) Piping arrangement နှင့်
(၅) Pumping arrangement တို့ ဖြစ်သည်။

Flow generation ကို အခြေခံ၍ hydronic heating systems အမျိုးအစားခွဲ

(၁) ကမ္ဘာမြေ၏ဆွဲအားကို အသုံးထားသည့်(gravity) system များ

Gravity system များသည် ကမ္ဘာမြေ၏ဆွဲအားနှင့် သိပ်သည်းဆကွာဟချက်ကို အသုံးပြု၍ လည်ပတ်စေသည်။

(၂) ပန့်များကို အသုံးပြုထားသည့် forced system များ

Forced system များတွင် လျှပ်စစ်မော်တာဖြင့် မောင်းသည့် pump ကို အသုံးပြုကြသည်။ ယခုခေတ်တွင် gravity hydronic system များကို အသုံးမပြုကြသောကြောင့် မဖော်ပြထားပါ။ Forced recirculating system များ အကြောင်းကိုသာ ဖော်ပြထားသည်။

Water system များသည် ရေကို တစ်ကြိမ်သာအသုံးပြု(once-through) system သို့မဟုတ် ထပ်ခါထပ်ခါ အသုံးပြုသည့်(recirculating) system များဖြစ်ကြသည်။ Hydronic system များကို အောင်မြင်စွာ ဒီဇိုင်းလုပ်နိုင်ရန်အတွက် အချက်ပေါင်းများစွာ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ လက်တွေ့တွင် component တစ်ခုကို ရွေးချယ်သည့်အခါ တခြားအရာများပေါ်တွင် ဖြစ်ပေါ်မည့် အကျိုးသက်ရောက်မှုများ(effect on the other elements)ကို သေသေချာချာ ထည့်သွင်း စဉ်းစားပြီးမှသာ ရွေးချယ်ရမယ်။ ထိုသို့ မစဉ်းစားဘဲ ရွေးချယ်ပါက ပြဿနာများစွာ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ဥပမာ - design water temperature နှင့် flow rate တို့သည် အပြန်အလှန် စပ်ဆက်နေသည်။ ၄င်းတို့သည် system layout ဒီဇိုင်းလုပ်နေစဉ် နှင့် ပန်အရွယ်အစား ရွေးချယ်စဉ်(pump selection) ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။

၂.၁ Principles

Effective ဖြစ်ရန်နှင့် ကုန်ကျစရိတ်နည်းရန်အတွက် water system design တစ်ခုသည် system components များ အပေါ်မူတည်သည်။ design water temperature များအားလုံးသည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြန်အလှန်ဆက်စပ်နေသည်။ flow rate piping layout pump selection terminal unit selection နှင့် control method များအားလုံးသည်တစ်ခုနှင့် တစ်ခုအပြန်အလှန်ဆက်စပ်(interrelated) နေသည်။ System size နှင့် ရှုပ်ထွေးမှု(complexity)သည် system တစ်ခုလုံးကောင်းစွာ operating လုပ်နိုင်ရန်အတွက် အရေးကြီးသည်။

residential heating application များအတွက် hydronic heating system design သည် အပူချိန်ကွာခြားချက်(temperature drop Δt) 11 K ကို အခြေခံ၍ စီးနှုန်း(flow rate)ကို တွက်ချက်သည်။ အလွန်ကြီးမားသည့် အဆောက်အဦ(large buildings and building complexe)များ၏ heating and cooling system များတွင် တပ်ဆင်မည့် hydronic system များအတွက် temperature difference 11 K သည် အမြဲမမှန်ကန် နိုင်ပါ။

၂.၂ Temperature Classifications

Water system များကို operating temperature များကို အခြေခံ၍ အမျိုးအစားခွဲခြား(classified) ထားသည်။

(၁) Low-temperature water (LTW) systems

Low-temperature water (LTW) systems များ၏ ဖိအား(pressure) နှင့် အပူချိန်(temperature) သည် ASME Boiler and Pressure Vessel Code for low-pressure boilers ၏ ကန့်သတ်ချက်များ(maximum

allowable working pressure)ကို မကျော်လွန်စေရ။

Low-pressure boiler များအတွက် အများဆုံး ခွင့်ပြုသည် ဖိအားသည် 1100 kPa (gage) ဖြစ်သည်။ အမြင့်ဆုံးအပူချိန်(maximum temperature)သည် 120°C ဖြစ်သည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် LTW systems များတွင် တပ်ဆင်ထားသည့် ဘွိုင်လာများ၏ အမြင့်ဆုံး ဖိအား(maximum working pressure) 200 kPa ဖြစ်သည်။ တစ်ခါတစ်ရံ ဘွိုင်လာများ(boile)ကို ဖိအားမြင့်မြင့်(higher pressures)တွင် ဒီဇိုင်းလုပ်ပြီး tested, and stamped အသုံးပြုသည်။ Heating low-temperature water အတွက် steam-to-water or water-to-water heat exchanger များကို အသုံးပြုသည်။ အဆောက်အဦများ(buildings)တွင် Low-temperature water systems များကို အသုံးပြုသည်။

(၂) Medium-temperature water (MTW)

Medium-temperature water (MTW) systems များ၏ ဖိအားနှင့် အပူချိန်သည် 120 and 175°C ဖြစ်သည်။ ဖိအား(pressure) သည် 1100 kPa ထက် ပိုမများစေရ။ Design supply temperature သည် 120 to 160°C ခန့်ဖြစ်သည်။ ဖိအားခံနိုင်သည့်အဆင့်(pressure rating) 1 MPa for boiler များနှင့် သက်ဆိုင်သည့် equipment များအတွက် ပုံမှန်ဖိအားအဆင့်သည် 1 MPa ဖြစ်သည်။

(၃) High-temperature water (HTW)

High-temperature water (HTW) systems ၏အပူချိန် (temperatures)သည် 175°C ထက် ပိုများသည်။ usual pressures သည် 2 MPa ခန့်ဖြစ်သည်။ အမြင့်ဆုံးခံနိုင်သည့်အပူချိန်(maximum design supply water temperature)သည် 200°C ခန့်ဖြစ်သည်။ pressure rating for boilers and equipment သည် 2 MPa ခန့် ဖြစ်သည်။ pressure-temperature rating ကို component ခံနိုင်သည့် အပူချိန်နှင့် ဖိအားကို system’s design characteristics တို့နှင့် နှိုင်းယှဉ်စစ်ဆေးရမည်။

(၄) Chilled-water (CW) systems

Chilled-water (CW) system ၏ အပူချိန် cooling အတွက် normally (design supply water temperature)သည် 4 to 13°C (usually 7°C)အတွင်း ဖြစ်သည်။ ဖိအား(pressure)သည် 830 kPa ခန့် ဖြစ်သည်။ အေးခဲခြင်း မဖြစ်နိုင်သည့် ဘရိုင်းပျော်ရည်(antifreeze or brine solution)ကို အသုံးပြုသည်။ အပူချိန် 4°C ထက်နိမ့်သည့် လုပ်ငန်းများ (process applications)အတွက် (temperatures below 4°C) coil များတွင် ရေခဲခြင်းကို ကာကွယ်ရန် (freeze protection)အတွက် brine solution ကိုသုံးသည်။ Well-water system များ အတွက် supply temperatures of 15°C or higher ဖြစ်သည်။

Terminal heat transfer unit များမှာ convectors ၊ cast-iron radiators ၊ baseboard and commercial finned-tube units ၊ fan-coil units ၊ unit heaters ၊ unit ventilators ၊ central station air-handling units၊ radiant panels နှင့် snow-melting panels စသည်တို့ဖြစ်ကြသည်။

၂.၃ Closed Water Systems

Hot water system နှင့် chilled water system အများစု closed system များ ဖြစ်ကြသည်။ Closed system ဆိုသည်မှာ လေထုနှင့် system အတွင်းမှ အရည်များ မထိတွေ့သည် system ဟု အကြမ်းဖျဉ်း မှတ်သားနိုင်သည်။ Open system များသည် ပြင်ပလေထုနှင့်ထိတွေ့နိုင်သည့်နေရာ များစွာ ရှိနိုင်သည်။

ဥပမာ - cooling tower system တွင် ပြင်ပလေထုနှင့် ထိတွေ့နိုင်သည့်နေရာ (၂)မျိုး ရှိနိုင်သည်။ Tower basin နှင့် discharge pipe or nozzlesentering the tower တို့ဖြစ်သည်။ Open system နှင့် closed system တို့ အဓိက ကွာခြားချက်(major difference)မှာ hydraulic characteristics ဖြစ်သည်။

Closed system ၏အချက်များမှာ

(၁) Flow cannot be motivated by static pressure differences

(၂) Pump များအတွက် static lift ကို ထည့်တွက်ရန် မလို။

(၃) ပိုက် system တစ်ခုလုံးတွင် ရေများဖြင့် အမြဲပြည့်နေသည်။ (entire piping system is always filledwith water)

အဓိက အစိတ်အပိုင်း(fundamental component) များမှာ

- Loads
- Source
- Expansion chamber
- Pump
- Distribution system

Hhydronic system များတွင် မရှိမဖြစ်ပါဝင်ရမည့် အစိတ်အပိုင်း (၅)ခု ဖြစ်သည်။

Component များကို thermal နှင့် hydraulic ဟူ၍ အုပ်စု(၂)စု ထပ်မံခွဲခြားနိုင်သည်။ Thermal component များမှာ load ၊ source ၊ expansion chamber တို့ဖြစ်သည်။ Hydraulic component များမှာ distribution system ၊ pump နှင့် expansion chamber တို့ဖြစ်သည်။ Expansion chamber သည် component တစ်ခုသည် thermal နှင့် hydraulic function နှစ်မျိုးလုံး ဆောင်ရွက်နိုင်သည်။

၂.၄ Method of Design

ဒီဇိုင်နာတစ်ယောက်အတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်နည်း အဆင့်ဆင့်ကို ဖော်ပြထားသည်။ general steps complete system design လုပ်ရန် methodology သည် မိမိဒီဇိုင်းလုပ်မည့် plant နှင့် လိုက်လျောညီထွေဖြစ်အောင် ဒီဇိုင်း လုပ်သည့် အဆင့်များကို လိုသလို ပြောင်းလဲနိုင်သည်။ ဥပမာ- ပန့်အရွယ်အစားတွက်ရန် pump head ကို သေချာအောင် လုပ်ရသည်။ Pump head တွက်ရန် ပိုက်အရွယ်အစား၊ အမျိုးအစားနှင့် flow rate ကို သေချာအောင် လုပ်ရသည်။ ဒီဇိုင်းလုပ်နည်း အဆင့်ဆင့်(design process)ကို လုံးဝနားလည် သဘောပေါက်သင့်သည်။

(၁) System load နှင့် ဇုန် load များကိုသတ်မှတ်ခြင်း (Determine system and zone loads)

Load များအကြောင်းကို Chapters27 to 32 of the 2005 ASHRAE Handbook—Fundamentals တွင် အသေးစိတ် ဖတ်ရှုနိုင်သည်။

Cooling load တွက်နည်း (calculation procedures) များစွာရှိသည်။ နည်းတစ်နည်းတိကျမှု (degrees of calculation accuracy) ကွာခြားသည်။ Load များသည် (flow) hydronic system များ၏ စီးနှုန်းကို အဆုံးအဖြတ်(determine)ပေးသည်။ system's heat transfer ability and energy performance အပေါ် လွှမ်းမိုးနိုင်သည်။ ဒီဇိုင်နာများသည် နောက်ဆုံးပေါ် ကွန်ပျူတာဖြင့် တွက်ချက်နည်း(latest computerized calculation methods)များကို အသုံးပြုသင့်သည်။ Optimal system design ရရှိရန် အတွက် တိကျသည့် load calculation နည်းများ သို့မဟုတ် load profile များ များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Hydronic system control strategy ပိုကောင်းမွန်စေရန်အတွက် တိကျသည့် system load နှင့် ဇုန် load များကို ရရှိရန် အရေးကြီးသည်။

(၂) Terminal unit များရွေးချယ်ခြင်း

water-to-air heat exchanger terminal unit များ၏ capacity ကို ရွေးချယ်သည့်အဆင့်ဖြစ်သည်။ Coil selection and operation သည် အဓိက အကျဆုံးသော အချက် ဖြစ်သည်။ (single largest influence) hydronic system design အပေါ်တွင် design တွင် criteria of flow, temperaturedrop, and control ability တို့ပါဝင်သည်။ Coil pressure loss နှင့် တပ်ဆင်ထားမည့်နေရာသည် (location) pipe design

နှင့်အရွယ်အစား(sizing) control devices နှင့် pump selection တို့ပါဝင်သည်။

(၃) Select system distribution style(s)

ရွေးချယ်ခြင်း load နှင့် တပ်ဆင်ထားမည့်နေရာ(location)ကို အခြေခံ၍ piping arrangement များကို ဆုံးဖြတ်သည်။ Styles may be comingled in a successful hydronic system design to optimize building performance. Schematically lay out the system to establish a preliminary design အဆင့်အတွက် schematic layout ပုံများရေးဆွဲခြင်းဖြစ်သည်။

(၄) Size branch piping system

Branch ပိုက်အရွယ်အစားများသတ်မှတ်ခြင်း ရွေးချယ်ထားသည့် coil များ (selection of the coil) controlling devices များ၊ style of installation နှင့် location တို့ကိုအခြေခံ၍ branch piping အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်သတ်မှတ်သည်။ required flow နှင့် pressure loss is calculated. အလိုရှိသည့် စီးနှုန်း(flow rate)ရရှိရန်အတွက်၊ ထို့နောက် flow rate၊ ပိုက်အရွယ်အစား၊ ပိုက်အမျိုးအစားတို့ကို အခြေခံ၍ ဖိအားကျဆင်းမှုကို တွက်ချက်သည်။

(၅) (Calculate distribution piping pressure loss.)

Distribution system များအတွက် branch များအတွက် ပိုက်ရွေးချယ်ခြင်း (criteria for pipe selection in branch) ပိုက်ရွေးချယ်ခြင်း တူညီကြသော်လည်း၊ စပ်ဆက်ပုံကို နားလည်သဘောပေါက်ခြင်း (understanding the relationship) နှင့် effect of distributionsystem pressure loss ကို နားလည်ခြင်းသည် အရေးကြီးသည့် အချက်ဖြစ်သည်။ Terminal များအားလုံး၌ လိုအပ်သည့် ရေစီးနှုန်း ရရှိနေနှင့် လိုအပ်သည့် heat transfer ဖြစ်ရန် အလွန် အရေးကြီးသည်။

(၆) Lay out piping system and size pipes

မျှော်လင့်ထားသည့် ဖိအားကျဆင်းမှု အကြမ်းတွက်(target friction loss)ပြီးနောက် ပိုက်များအတွက် system အတွက် ပုံကြမ်းရေးဆွဲထားသည့်အတိုင်း piping system ကို ဒီဇိုင်းရေးဆွဲပြီး actual design pressure loss ကို ထပ်မံတွက်ချက်(calculation)ရသည်။ Commissioning process တွင်လည်း အသုံးပြုသည်။

(၇) Select pump specialties

လိုအပ်သည့် ကိရိယာများ(devices)ကို သတ်မှတ်သည်။ ထည့်သွင်းသည်။ Operation သို့မဟုတ် measurement အတွက် ပိုက်များ၊ device များ ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure loss)ကို တွက်ချက်ပြီးနောက် ပန့်ရွေးချယ်ခြင်း(pump selection) ကိုဆက်လက်ပြုလုပ်နိုင်သည်။

(၈) Select air management methodology

Hydronic system များအားလုံး အတွင်းသို့ လေများ ဝင်ရောက်(entrain air in the circulated fluid) လာနိုင်သည်။ System အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်လာသည့်လေများကို ထုတ်ပစ်ရန် ကိရိယာများ ထည့်သွင်း တပ်ဆင်ထားရသည်။ (Managing the collection of thatair as it leaves the working fluid is essential to management of system pressure and the safe operation of system components.)

(၉) Select pump (hydraulic components)

System နှင့် ကိုက်ညီသည့် ပန့်များကို ရွေးချယ်ရန်လိုသည်။ ပန့်သည် distribution system ၌ တစ်ခုတည်းသော စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုများသည့် ကိရိယာဖြစ်သည်။ လိုအပ်သည်ထက်ပိုကြီးသည့် pump ကို ရွေးချယ်မိပါက စွမ်းအင်ဖြုန်းတီးရာ ရောက်သည်။ ပိုသေးငယ်သည့် ပန့်ကို ရွေးချယ်မိပါက ရေများကို လိုအပ်သည့် နေရာသို့ တွန်းပို့နိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။

(၁၀) Determine installation details, iterate design

Design performance ပိုကောင်းစေရန် fine tuning လုပ်ခြင်းနှင့် cost effectiveness ဖြစ်အောင် လုပ်ခြင်းသည် အရေးကြီးသည့် နောက်ဆုံးအဆင့် ဖြစ်သည်။

၂.၅ Thermal Components

Loads

Load ဆိုသည်မှ System အတွင်းမှ အပူများအပြင်သို့ ထွက်သွားအောင် သို့မဟုတ် ဝင်လာအောင် ပြုလုပ်ပေးသည့် ကိရိယာဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် space သို့မဟုတ် process အတွင်းမှ အပူများစုပ်ယူခြင်း သို့မဟုတ် ထုတ်ပေးခြင်းကို ပြုလုပ်ပေးသည့် ကိရိယာဖြစ်သည်။ System အတွင်းမှ အပူများအခန်း သို့မဟုတ် process အတွင်းသို့ ရောက်အောင်ပြုလုပ်ပေးလျှင် heating system ဟုခေါ်သည်။ Outward heatflow characterizes a heating system, and inward heat flow characterizes a cooling system.

Central water system များတွင် terminal unit အမျိုးစုံကို အသုံးပြုကြသည်။ ထို့ကြောင့် နည်းမျိုးစုံဖြင့် အမျိုးအစား၊ အဆင့်အတန်း ခွဲခြား၍ ပြောဆိုလေ့ရှိသည်။

(က) Natural convection unit များမှာ cabinet convectors၊ baseboard နှင့် finned-tube radiation တို့ ဖြစ်ကြသည်။
(ခ) Forced-convection unit များမှာ unit heaters ၊ unit ventilators၊ fan-coil unit၊ air-handling units၊ heating and cooling coils in centralstation units နှင့် most process heat exchangers တို့ဖြစ်ကြသည်။ Fan-coil units ၊ unit ventilators နှင့် central station unit များကိုလည်း heating, ventilating, and cooling တွင် အသုံးပြုကြသည်။
(ဂ) Radiation unit များမှာ panel systems ၊ unit radiant panels ၊ inflooror wall piping system နှင့် and some older styles of radiator တို့ဖြစ်ကြသည်။

ထို unit များအားလုံးသည် convective နည်းဖြင့်အပူ (heat) များကို ကူးပြောင်းစေခြင်းဖြစ်သည်။

ယခုအခါ chilled panels များကို sensible cooling အတွက်အသုံးပြုကြသည်။ (conjunction) central station air-handling units များနှင့် တွဲဖက်၍ AHU များသည် dehumitification အလုပ်ကို ဆောင်ရွက်၍ chilled bean သို့မဟုတ် panel များက sensible cooling ကိုဆောင်ရွက်ပေးသည်။

Terminal units များကို ရွေးချယ်သည့်အခါ လုံလောက်သည့် capacity ရအောင် ရွေးချယ်သင့်သည်။ တွက်ချက်ခဲ့ပြီးသည့် heating and cooling load များနှင့် ကိုက်ညီအောင် ရွေးချယ်ရမည်။ Manufacturers' ratings should be used with reference to actual operating conditions. Ratings (၂)မျိုးရှိသည်။ computer selected ရွေးချယ်ခြင်း water temperature ၊ drop or rise ၊ entering air temperatures ၊ watervelocity နှင့် လေစီးနှုန်း (airflow) စသည်တို့ကို သတ်မှတ်ဖော်ပြပေးထားသည့် Ratings catalogue မှ ရွေးချယ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ စံအဖြစ်သတ်မှတ်ထားသည့်အခြေအနေ(standard test conditions)များအတွက်သာဖြစ်သည်။ Correction factors များ၊ curve များ နှင့် rating table များကို သုံးကြသည်။

မိမိအလိုရှိသည့် operating condition ရရှိရန် အတွက် terminal unit များကို မှန်ကန်စွာ ရွေးချယ်ခြင်းသည် ဒီဇိုင်းလုပ်ရာတွင် အဓိကကြသည့်အချက်ဖြစ်သည်။ ဒီဇိုင်းနာများသည် အားနည်းချက်၊ အားသာချက်များ ကို သေသေချာချာ စဉ်းစား ရွေးချယ်သင့်သည်။ ဈေးအသက်သာဆုံးနှင့် သက်သောင့်သက်သာ အဖြစ်ဆုံး ဖြစ်အောင် ရရှိနိုင်သည့် နည်းအမျိုးမျိုး(various alternatives)ကို ရှာဖွေ ဖော်ထုတ် ရွေးချယ်တတ်ရမည်။

Heating or cooling the space သို့မဟုတ် process များတွက် အသုံးများသည့် load device များသည် water-to air ၊ finned-coil heat exchanger သို့မဟုတ် water-to-water exchanger တို့ ဖြစ်ကြသည်။

Load device များကိုရွေးချယ်သည့်အခါ တပ်ဆင်ထားမည့်နေရာကို အဓိကအချက်အဖြစ် ထည့်သွင်းစဉ်းစားရသည်။ အသုံးများသည် Load device အမျိုးအစားများမှာ

- Heating load devices
- Preheat coils in central units
- Heating coils in central units
- Zone or central reheat coils
- Finned-tube radiators
- Baseboard radiators
- Convectors
- Unit heaters
- Fan-coil units
- Water-to-water heat exchangers
- Radiant heating panels
- Snow-melting panels
- Cooling load devices
- Coils in central units
- Fan-coil units
- Induction unit coils
- Radiant cooling panels
- Water-to-water heat exchangers

Source ဆိုသည်မှာ heating system ဖြစ်လျှင် အပူထုတ်ပေးသည့် စက်ကြီးများဖြစ်သည်။ Cooling system ဖြစ်လျှင် အပူဖယ်ထုတ်ပေးသည့် သို့မဟုတ် chilled water တုတ်ပေးသည့် စက်များဖြစ်ကြသည့်။

Heating system များအတွက် အပူထုတ်ပေးနိုင်သည့် ဘွိုင်လာ၊ heater စသည်တို့သည် heat source များဖြစ်ကြသည်။ Cooling system များအတွက် အပူကို ဖယ်ထုတ်ပေးနိုင်သည့် chiller ၊ DX unit စသည်တို့သည် cooling source များဖြစ်ကြသည်။

သီအိုရီအရ heating system များအတွက် heat source မှ ထုတ်ပေးလိုက်သည့် အပူပမာဏသည် system တွင် လိုအပ်သည့် heat load နှင့် ညီမျှရမည်။ Cooling system များအတွက် cooling source မှ ဖယ်ထုတ်လိုက်သည့် အပူပမာဏသည် system တွင် လိုအပ်သည့် coolinf load နှင့် ညီမျှရမည်။ Steady-state conditions အခြေအနေတွင် load energy နှင့် source energy တို့တူညီကြသည်။ (equal and opposite)

ရေကို ပူအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည့် လုပ်နိုင်သည့် device များအားလုံးကို heat source များအဖြစ် အသုံးပြုနိုင်သည်။ သို့မဟုတ် ရေကို အေးအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည့် လုပ်နိုင်သည့် device များအားလုံးကို cooling source များအဖြစ် အသုံးပြုနိုင်သည်။

Source device နှင့် loads တို့အကြား(across the source and loads)တွင် အပူချိန် ကွာခြားချက် (temperature differentials)နှင့် စီးနှုန်း(flow rates) တူညီကြသည်။

Heating and cooling system များအတွက် အသုံးများသည့် source device များမှာ

Heating source devices

- Hot-water generator or boiler
- Steam-to-water heat exchanger
- Water-to-water heat exchanger
- Solar heating panels
- Heat recovery or salvage heat device
- (e.g., water jacket of an internal combustion engine)
- Exhaust gas heat exchanger
- Incinerator heat exchanger
- Heat pump condenser
- Air-to-water heat exchanger

Cooling source devices

- Electric compression chiller
- Thermal absorption chiller
- Heat pump evaporator
- Air-to-water heat exchanger
- Water-to-water heat exchanger

Source device များကို ရွေးချယ်သည့်အခါ အဓိက အချက်(၂)ချက်မှာ design capacity နှင့် part-load capability ဖြစ်သည်။ Turndown ratio ဟု ခေါ်ဆိုသည့် ဝေါဟာရကို အသုံးပြုသည်။ Turndown ratio ဆိုသည်မှာ အနည်းဆုံး (အနိမ့်ဆုံး) မောင်းနိုင်သည့် capacity ကို design capacity ဖြင့် စားထားခြင်း ဖြစ်သည်။

Design capacity ပုံသေနည်းမှာ

$$\text{Turndown ratio} = 100\,\frac{\text{Minimum capacity}}{\text{Design capacity}}$$

Turndown ratio ၏ ပြောင်းပြန်(reciprocal)လည်း တစ်ခါတစ်ရံ အသုံးပြုသည်။ ဥပမာ turndown ratio of 25% ကို တစ်ခါတစ်ရံ turndownratio of 4 ဟု ရေးသားလေ့ရှိသည်။ Turndown ratio 25% ကို ပြောင်းပြန်ပြုလုပ်၍ (1 ÷ 25% = 4) ရေးသား ဖော်ပြဖြစ်သည်။

Hydronic system တစ်ခု၏ performance ကို စဉ်းစားသည့်အခါ turndown ratio သည် အဓိကအချက် ဖြစ်သည်။ Turndown ratio သည် source system ၏ part-load capability ဖော်ပြခြင်း ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် အနိမ့်ဆုံးမောင်းနိုင်သည့် part-load capability ဖြစ်သည်။ Turndown ratio များခြင်းကြောင့် Hydronic system ကောင်းစွာအလုပ်မလုပ်ခြင်း၊ ကောင်းစွာမမောင်းနိုင်ခြင်း၊ တည်ငြိမ်စွာ မမောင်းနိုင်ခြင်း ဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည်။ သို့မဟုတ် စွမ်းအင် သုံးစွဲမှုများ လိမ့်မည်။

Central plant များ၏ Turndown ratio နှင့် control valve ၏ Turndown ratio မတူညီကြပေ။

Valve တစ်ခု၏ Turndown သည် valve rangeability ကို နှိုင်းယှဉ်ဖော်ပြချက်(comparable) ဖြစ်သည်။ Rangeability သည် maximum controllable flow နှင့် minimum controllable flow တို့၏ ဆက်သွယ်ချက်(relationship) ဖြစ်သည်။

System Temperatures

Hydronic system တစ်ခု၏ performance လိုအပ်ချက်(requirements) နှင့် စီးပွားရေး တွက်ခြေကိုက်မှု(economics of the components)တို့ကို အခြေခံ၍ design temperatures နှင့် temperature ranges တို့ကို ရွေးချယ်ကြသည်။

Cooling system များအတွက် 50% RH at 24°C ၊ dew-point temperature 13°C အခြေအနေတွင် ထိန်းထားရန် လိုအပ်သည်။ Terminal unit များမှ ပြန်ထွက်လာသည့် ရေ၏ အမြင့်ဆုံးအပူချိန်(maximum temperature of return water) သည် 13°C (16°C maximum) ဖြစ်သည်။

Refrigeration machine များ၏ freezing point နှင့် စီးပွားရေး တွက်ခြေ ကိုက်မှု(economics) တို့ကို အခြေခံ၍ လက်တွေ့တွင် မောင်းနိုင်သည့် အနိမ့်ဆုံးအပူချိန်(lowest practical temperature)သည် 4°C ခန့် ဖြစ်သည်။

Chiller ရွေးချယ်သည့်အခါ chilled water leaving temperature နှင့် differential temperature ၊ refrigerant စသည်တို့သည် အဓိကကျသည့် အချက်များ ဖြစ်သည်။ Chiller ထုတ်လုပ်ရောင်းချသူများ နှင့် တိုင်ပင်ဆွေးနွေးသင့်သည်။

Heating system များအတွက် မျှော်လင့်ထားသည့် performance requirement များပြည့်မီစေရန် အမြင့်ဆုံးအပူချိန်(maximum hot-water temperature)ကို ASME *Boiler and Pressure Vessel Code* မှ 120°C သတ်မှတ်ပေးထားသည်။ Space temperature requirements သည် 24°C ခန့်တွင် ဖြစ်သည်။ ကုန်ကျစရိတ်နည်းစေရန်(most economic considerations)အတွက် load device များ မောင်းရန်သင့်လျော်သည့် အပူချိန်များ(actual operating supply temperatures နှင့် temperature ranges) ကို သတ်မှတ်ပေးသည်။

Distribution and pumping system များအတွက် အပူချိန်ကို ဖြစ်နိုင်သမျှ အမြင့်ဆုံးဖြစ်အောင် ပြုလုပ် (maximum possible temperature range)ကြသည်။

၂.၅ မှားယွင်းစွာ နားလည် ယူဆမှုများ

Hydronic system များကို ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရာတွင် အခြေခံသဘောတရားများကို စနစ်တကျ နားလည် သဘော မပေါက်ခြင်း သို့မဟုတ် လွဲမှားစွာ နားလည်ယူဆထားခြင်းတို့ကြောင့် မှားယွင်းသည့် တွက်ချက်မှုများ ပြုလုပ်တတ် ကြသည်။

Condenser water pump ကို လိုအပ်သည်ထက် ပိုကြီးသည့် အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်မိခြင်း(oversize) အမှား

အဆောက်အဦ အများစုတွင် chiller plant room သည် မြေအောက်ထပ်(Basement)တွင် တည်ရှိပြီး cooling tower သည် အပေါ်ဆုံးထပ်(roof top)တွင် တည်ရှိသည်။ Cooling tower မှ condenser water(CW) သည် ကမ္ဘာမြေဆွဲအား(gravity)ကြောင့် အမြင့်မှ basement ရှိ pump ၏ suction ပိုက်အတွင်းသို့ စီးဆင်း လာသည်။ ထို့ကြောင့် ထိုပိုက်အပိုင်းကို ထည့်တွက်ရန် မလိုပဟု ယူဆကြသည်။ Pump head သည် ရေကို roof top ရှိ cooling tower သို့ ရောက်အောင် တွန်းပို့ရသည်။ ထို့အပြင်ပိုက်၏ friction loss များ အတွက်ကိုလည်း ထည့်တွက် ပေးရမည်ဟု ယူဆကြသည်။ ထို့ကြောင့် over size pump ကို မှားယွင်းစွာ တွက်ချက် ရွေးချယ် ကြသည်။

Chilled water pump ကို လိုအပ်သည့် အရွယ်အစားထက် သေးငယ်သည့် pump ကို ရွေးချယ်မိခြင်း၊

အဆောက်အဦ၏ ထိပ်မှစ၍ chilled water pipe friction ကို စတင် တွက်ချက်သည့်အခါ chilled water သည် basement ရှိ chilled water pump အတွင်းသို့ ကမ္ဘာမြေဆွဲအား(gravity) ကြောင့် စီးဆင်းသွားသည်။ ထို့ကြောင့် ထိုပိုက်အပိုင်းကို ထည့်တွက်ရန်မလိုဟု မှားယွင်းစွာ ယူဆကြသည်။ Chilled water circuit သည် closed loop ဖြစ်သော ကြောင့် friction losses ကိုသာ တွက်ရန်လိုသည်ဟု ယူဆကြခြင်းကြောင့် chiller water pump သည် လိုအပ်သည်ထက် ပိုသေးငယ်သည့် pump အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်မိတတ်ကြသည်။

၂.၆ ဆူညံသံများ(Noise) ဖြစ်ပေါ်ခြင်း

ရေထဲတွင် လေ နှင့် vapour bubble မရှိသည့် အခါမျိုးတွင် ပိုက်ထဲ၌ ရေစီးဆင်းခြင်းကြောင့် မည်သည့် အသံကိုမျှ မဖြစ်ပေါ်စေပါ ။ Air con system များတွင် အသုံးပြုသော အမြင့်ဆုံး velocity limit သည် 8 ft/s(2.4 m/s)ဖြစ်သည်။ သို့သော် velocity မြင့်သောကြောင့် ဆူညံသံများ ဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည်။ ဆူညံသံ(noise) ဖြစ်ပေါ်ခြင်းနှင့် အတူ တိုက်စားခြင်း(erosion)လည်း လိုက်၍ ဖြစ်ပေါ်လေ့ရှိသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ဆူညံသံ(noise) မရှိခြင်းကြောင့် erosion လည်း မဖြစ်နိုင်ပေ။ ဆူညံသံ(noise) များစွာ ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကြောင့် pump ၏ impeller များတွင် cavitation ဖြစ်ပေါ် လာသည်။ စက်ပစ္စည်းများ လျှင်မြန်စွာ ပျက်စီးလေ့ ရှိသည်။

Hydronic system များကို ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရာတွင် အရေးအကြီးဆုံးအလုပ်မှာ စီးဆင်းခြင်း ခုခံအားသည်(flow resistance) ကို တတ်နိုင်သမျှ အမှန်ကန်ဆုံးဖြစ်အောင် တွက်ချက်ခြင်း ဖြစ်သည်။ ခုခံအား(resistance)ကို ဖိအား ကျဆင်းမှု(pressure drop) ဟုလည်း ခေါ်သည်။ ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)ကို အရည်၏ အမြင့်(height of liquid column)ဖြင့် ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ Head loss ဟုလည်း ပြောဆိုလေ့ ရှိသည်။

Head loss calculation ပြုလုပ်ခြင်း၏ အဓိက ရည်ရွယ်ချက်မှာ

(က) တပ်ဆင်မည့် pump ၏ လိုအပ်သော pump head ကို သတ်မှတ်ရန် ၊ ယေဘုယျ အားဖြင့် pump head ကို အဝေးဆုံး ပိုက်နေရာ သို့မဟုတ် Head loss အများဆုံး ရှိသည့် point ကို ရွေးချယ်၍ တွက်ယူကြသည်။

(ခ) System တစ်ခုလုံးသည် ဒီဇိုင်း flow condition တွင် balance ဖြစ်နေစေရန် ၊ တစ်နည်းအားဖြင့် သတ်မှတ် ထားသော နေရာတွင် ရှိရမည့် စီးနှုန်း (flow rate) အညီအမျှ ရရှိရန်.

(ဂ) Automatic control valve များ အတွက် လိုအပ်သည့် အချက်အလက်(information)များဖြစ်သော minimum

pressure drop at design flow rate၊ control valve ၏ CV တန်ဘိုး၊ low load condition တွင် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် ဖိအားကွာခြားချက်(differential pressure)တို့ ရရှိရန်

Pipe system တစ်ခုတွင် pipe friction နှင့် fitting loss ဟူ၍ နှစ်မျိုး ရှိသည်။ Head loss ကို height of fluid column ဖြင့် ဖော်ပြသည်။ ထို အချိန်တွင် ရှိသော fluid ၏ temperature

အခြေခံအားဖြင့် အဓိက အပိုင်းသုံးပိုင်း(three major parts) ပါဝင်သည်။

(၁) Air system – Air Handling Units (AHU), air distribution (air duct) system and terminals.
(၂) Water system – Chilled water system, hot water system, condenser water system.
(၃) Central plant – Refrigeration (chiller) plant, boiler plant.

၂.၇ Hydronic Piping အမျိုးအစားများ

(၁) Hot-water heating piping
(၂) Chilled-water piping
(၃) Condenser-water piping
(၄) Glycol cooling-water piping
(၅) Makeup-water piping
(၆) Condensate-drain piping
(၇) Blowdown-drain piping
(၈) Air-vent piping

၂.၈ ခံနိုင်ရမည့် ဖိအားနှင့် အပူချိန်

Hydronic piping system များတွင် ပါဝင်သည့် အစိတ်အပိုင်းများ(components)နှင့် တပ်ဆင်မှု (installation)များသည် သတ်မှတ်ထားသည့်အနိမ့်ဆုံးဖိအားနှင့် အပူချိန်(minimum working pressure and temperature) ကို မုချ ခံနိုင်ရည်ရှိရမည်။

(၁) Hot-Water Heating Piping	:	150 psig at 250 °F
(၂) Chilled-Water Piping	:	200 psig at 75 °F
(၃) Condenser-Water Piping	:	150 psig at 100 °F
(၄) Glycol Cooling-Water Piping	:	100 psig at 150 °F
(၅) Makeup-Water Piping	:	80 psig at 75 °F
(၆) AHU Condensate-Drain Piping	:	75 °F
(၇) Blowdown-Drain Piping (Non Steam	:	225 °F
(၈) Air-Vent Piping	:	200 °F
(၉) Safety-Valve-Inlet and -Outlet Piping	:	Equal to the pressure of the piping system to which it is attached.

Piping systems for building mechanical systems, including, but not limited to:

(၁) Hot-water heating piping.
(၂) Chilled-water piping.
(၃) Condenser-water piping.
(၄) Glycol cooling-water piping.
(၅) Makeup-water piping.
(၆) Condensate-drain piping.
(၇) Blowdown-drain piping.
(၈) Air-vent piping.
(၉) Safety-valve-inlet and -outlet piping.

၂.၉ စံချိန်စံညွှန်းများ(Standards)

The following table illustrates desired piping standards for different mechanical systems:

Service	Size	Fitting Connection	Pipe Connection	Material
High Pressure Steam	2" and smaller	Socket Weld	Socket Weld	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Butt Weld	Butt Weld	SCH 40, A106 Carbon Steel, Seamless
Medium Pressure Steam	2" and smaller	Threaded (NPT)	Socket Weld or Threaded (1" and smaller)	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 40, A106 Carbon Steel, Seamless
Low Pressure Steam	2" and smaller	Threaded (NPT)	Socket Weld or Threaded (1" and smaller)	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 40, A106 Carbon Steel, Seamless
High Pressure Condensate	2" and smaller	Socket Weld	Socket Weld	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Butt Weld	Butt Weld	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
Medium Pressure Condensate	2" and smaller	Threaded (NPT)	Socket Weld or Threaded (1" and smaller)	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
Low Pressure Condensate	2" and smaller	Threaded (NPT)	Socket Weld or Threaded (1" and smaller)	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
Service	**Size**	**Fitting Connection**	**Pipe Connection**	**Material**
Continuous Vent	2" and smaller	Threaded (NPT)	Threaded	SCH 40, A 53 Gr. B Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 40, A53Gr. B Carbon Steel, Seamless
Steam Relief Vent	2" and smaller	Threaded (NPT)	Socket Weld or Threaded (1" and smaller)	SCH 80, A106 Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 40, A106 Carbon Steel, Seamless

Chilled Water Condenser Water Heating Hot Water	2" and smaller	Threaded (NPT)	Threaded (NPT)	SCH 80, A53 Gr. B Carbon Steel, ERW
	2-1/2" and larger	Class 125/150 Flange	Butt Weld	SCH 40, A 53 Gr. B Carbon Steel, ERW
Domestic/Potable Water (Hot & Cold)	6" and smaller	Solder, Propress, Brazed (2" and larger)	Solder, Propress, Brazed (2" and larger)	Type L copper, hard drawn
	8" and larger	Class 125 Flanged	Class 125 Flanged	Ductile Iron
Non-Potable Water (NPW)	6" and smaller	Solder, Propress, Brazed (2" and larger)	Solder, Propress, Brazed (2" and larger)	Type L copper, hard drawn
	8" and larger	Class 125 Flanged	Class 125 Flanged	Ductile Iron
Reclaim/re-use/gray water	2" and smaller	Threaded (NPT)	Threaded	SCH 40, A53 Gr B Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 40, A 53 Gr B Carbon Steel, Seamless
Equipment Drain	2" and smaller	Threaded (NPT)	Threaded	SCH 40, A53 Gr B Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 40, A 53 Gr B Carbon Steel, Seamless
Natural Gas	2" and smaller	Threaded (NPT)	Threaded	SCH 40, A53 Gr B Carbon Steel, Seamless
	2-1/2" and larger	Class 150 Flange	Butt Weld	SCH 40, A 53 Gr B Carbon Steel, Seamless

Codes and Standards:

1. ASME Compliance: Fabricate and install hydronic piping in accordance with ASME B31.9 "Building Services Piping".

၂.၁၀ အားသာချက်(advantages) နှင့် အားနည်းချက်များ(disadvantages)

Hydronic system များ၏ အားသာချက်(advantages) များမှာ

(၁) ရေ(water)သည် effective heat transfer medium တစ်မျိုး ဖြစ်သည်။ HVAC service တွင် ရေကို ပိုက်ဖြင့် သယ်ဆောင်ခြင်းသည် လေကို duct များ သယ်ဆောင်ခြင်းထက် ပို၍ သိပ်သည်းကျစ်လစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် နေရာ အနည်းငယ်သာ လိုအပ်သည်။

(၂) လေကို ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း(Re-circulation of air)ကြောင့် အနံ့နှင့် အညစ်အကြေး(odors and contaminants)များ ပါဝင်နိုင်သည်။ ထို့အပြင် လေကြောင့် ဇုန်တစ်ခု အခြားဇုန်တစ်ခုဆီသို့ မီးခိုးများနှင့် မီးတောက်များ ပျံ့နှံ့သွားခြင်းကို ကာကွယ်နိုင်သည်။ (fire and smoke spreading from one zone to another)

(၃) Hydronic system ၏ အစဦး ကုန်ကျစရိတ်(first cost)သည် central system များနှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် နည်းသည်။

(၄) တပ်ဆင်ရန်နေရာ အနည်းငယ်သာ လိုအပ်သည်။ (less building space is required)

(၅) ပြုပြင် ၊ မွမ်းမံခြင်း ၊ တိုးချဲ့ခြင်းများအတွက် အလွန်သင့်လျော်သည်။ (more suitable for retrofit applications)

(၆) ပုံမှန် မဟုတ်ချိန်(Off-hour conditioning)များတွင် central air system ကို မောင်းရန်(operation) မလိုအပ်ပေ။

(၇) မသုံးသည့်နေရာများအတွက် အလွယ်တကူ ပိတ်ပစ်နိုင်သည်။(Cooling can be easily shut off in unoccupied areas)

(၈) Window unit များ ၊ split unit များထက် ပို၍ ဆူညံသံနည်းသည်။ (Quieter than unitary systems)

(၉) Air handling rooms and duct clearances များအတွက် လိုအပ်သည့်နေရာ အနည်းဆုံး (minimal space needed) ဖြစ်သည်။

(၁၀) Individual zone တစ်ခုချင်းစီကို temperature control လုပ်နိုင်သည်။

(၁၁) သက်သောင့်သက်သာဖြစ်မှု ပိုကောင်းစေရန်နှင့် ကုန်ကျစရိတ် သက်သာစေရန်အတွက် (to improve comfort control and reduce operating costs) variable speed secondary pump များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

(၁၂) Heat recovery technique များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

(၁၃) ပြင်လွဲ ပြောင်းလွယ် ဖြစ်သည်။ (flexible and readily adaptable to many building module requirements) လိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီအောင် တပ်ဆင်နိုင်သည်။

(၁၄) အခန်းတစ်ခန်းချင်းစီကို အလိုရှိသည့် အပူချိန်ရအောင်(individual room control) လုပ်နိုင်သည်။

(၁၅) အခန်းတစ်ခန်းမှ အညစ်အကြေးများ တခြားခန်းများဆီသို့ ရောက်ရှိသွားခြင်း မဖြစ်အောင် ကာကွယ်နိုင်သည်။ (Prevent cross contamination of re-circulated air from one room to another)

အားနည်းချက်များ(disadvantages)မှာ

(၁) လူများ ရှိနေသည့် အခန်း(occupied areas)များတွင် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှုများ(maintenance) ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

(၂) AHU / FCU များတွင် condensate drain pan များ ပါရှိရမည်။ (dehumidification နှင့် latent load ကို သီးခြား separate ventilation system တစ်ခုမှ မပြုလုပ်ပေးလျှင်) လေစစ်(terminal air filter) များကို ပုံမှန်သန့်ရှင်းရေးပြုလုပ်ပေးရန်(periodically cleaned) လိုအပ်သည်။

(၃) Positive ventilation ဖြစ်စေရမည်။ လေသန့်(fresh air)ထည့်ပေးရမည်။ Ventilation ကို နံရံအပေါက်များ(wall aperture) မှ ရယူလျှင် တိုက်လေ(wind) နှင့် stack effect တို့ကြောင့် ထိန်းချုပ်ရန် ခက်ခဲသည်။

(၄) နံရံ အပေါက်များ(wall openings)မှ မိုးရေယိုစိမ့်ခြင်း(rain leakage) ဖြစ်နိုင်သည်။ Cold drafts ဖြစ်ခြင်း၊ coils freeze ဖြစ်ခြင်းတို့ ကြုံတွေ့ရနိုင်သည်။

(၅) သီးခြား(separate) ventilation system တပ်ဆင်ရန် လိုအပ်သည်။

(၆) နွေရာသီတွင် စိုထိုင်းဆ မြင့်မားနိုင်သည်။ Relative humidity may be high in summer)။ အထူးသဖြင့် modulated temperature control ဖြင့် ရေစီးနှုန်း(chilled water flow)ကို ထိန်းချုပ်လျှင် chilled water flow သည် အလိုရှိသည့် အပူချိန်ကိုသာ ရအောင်ထိန်း(control)လျှင် relative humidity မြင့်မားနိုင်သည်။

(၇) No humidification is provided.

(၈) Seasonal change over ပြုလုပ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။

(၉) လူများ ရှိရာနေရာများ(occupied areas)၌ ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းခြင်းနှင့် ဆားဗစ်လုပ်ခြင်း(maintenance and service work)တို့ ဝင်ရောက်ပြုလုပ်ရသည်။

(၁၀)လေစစ်များ ညစ်ပေလျှင် ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) မြင့်မားလာသောကြောင့် မကြာခဏ လေစစ်အသစ် လဲလှယ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။

Contents

၂.၁ Principles....2

၂.၂ Temperature Classifications....2

၂.၃ Closed Water Systems....3

၂.၄ Method of Design....4

၂.၅ မှားယွင်းစွာ နားလည် ယူဆမှုများ....9

၂.၆ ဆူညံသံများ(Noise) ဖြစ်ပေါ်ခြင်း....9

၂.၇ Hydronic Piping အမျိုးအစားများ....10

၂.၈ ခံနိုင်ရမည့် ဖိအားနှင့် အပူချိန်....10

၂.၉ စံချိန်စံညွှန်းများ(Standards)....11

၂.၁၀ အားသာချက်(advantages) နှင့် အားနည်းချက်များ(disadvantages)....12