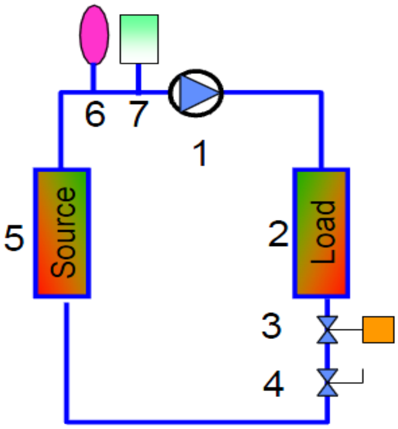
Chapter 1- Hydronic Piping Systems

Heating system နှင့် cooling system များတွင် ရေ(water)ကို heat transfer လုပ်ရန်အတွက် အသုံးပြုကြသောကြောင့် "Hydornic" ဟု ခေါ်ဆိုသတ်မှတ်ကြခြင်း ဖြစ်သည်။ အထပ်ပေါင်းများစွာ မြင့်မားသည့် မိုးထိတိုက်ကြီးများနှင့် အဆောက်အဦများစွာ ပါဝင်သည့် campus facilities တို့ကဲ့သို့ အလွန်ကြီးမားသည့် အဆောက်အဦများ(large-scale commercial buildings)များတွင် အသုံးပြုကြသည့် chilled water system(cooling အတွက်) နှင့် steam သို့မဟုတ် hot-water system(heating အတွက်) များ အားလုံးသည် hydornic system များ ဖြစ်ကြသည်။

၁၀.၁ Hydronic System တွင် ပါဝင်သော component များမှာ



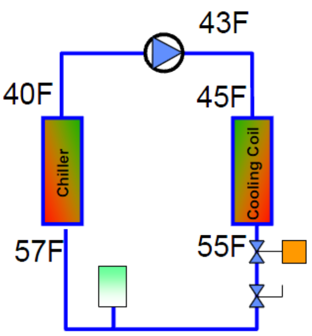
Hydronic system တစ်ခုတွင် ပါဝင်သော component များမှာ

(၁) Pump
(၂) Load
(၃) Control valve
(၄) Balancing valve
(၅) Source
(၆) Air removal system နှင့်
(၇) Expansion unit တို့ဖြစ်သည်။

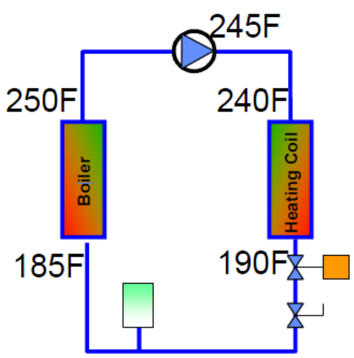
ပုံ ၁၀-၁ Hydronic system တစ်ခု

၁၀.၂ Hydronic Piping System အမျိုးအစားများ

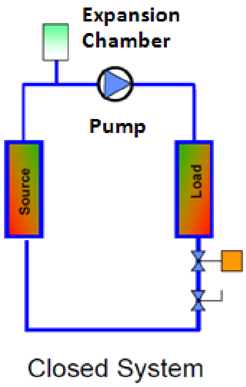
Hydronic system များကို အဓိကအားဖြင့် steam သို့မဟုတ် hot water နှင့် chilled water (၂)မျိုး ခွဲခြားထားသည်။ ပြင်ပလေ(atmosphere)နှင့် ထိတွေ့မှု ရှိမရှိကို အခြေခံ၍ closed system နှင့် open system ဟု၍လည်း ခွဲခြား နိုင်သည်။

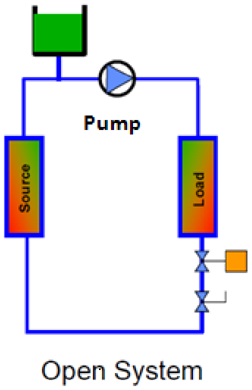


ပုံ ၁၀-၂ Cooling hydronic system



ပုံ ၁၀-၃ Heating hydronic system





ပုံ ၁၀-၄ Closed system

ပုံ ၁၀-၅ Open system

Closed water system များကို ဖိအား(pressure)နှင့် အပူချိန်(temperature)တို့ကို အခြေခံ၍ အမျိုးအစား ခွဲခြားထားသည်။

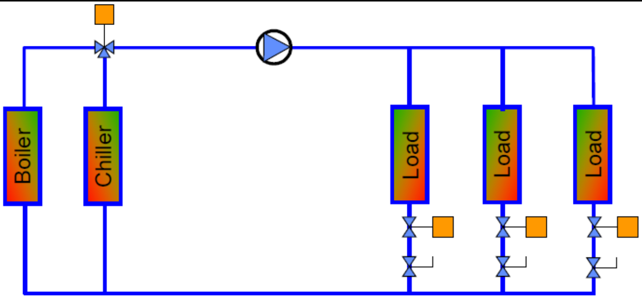
Closed Water Systems အမျိုးအစား	**ဖိအား(Pressure)**	**အပူချိန်(Temperature)**
Low Temperature Water(LTW)	အမြင့်ဆုံး ဖိအား 160 psi	အမြင့်ဆုံး အပူချိန် 250°F
Medium Temperature Water(MTW)	အမြင့်ဆုံး ဖိအား 160 psi	250°F မှ 350°F အတွင်း
High Temperature Water(HTW)	အမြင့်ဆုံး ဖိအား 300 psi	အမြင့်ဆုံး အပူချိန် 350°F
Chilled Water Systems(CWS)	အမြင့်ဆုံး ဖိအား 120 psi	40°F မှ 55°F(44°F မှ 45°F)

Hydronic piping system များကို ပိုက်အရေအတွက်အပေါ်တွင် မူတည်၍လည်း အမျိုးအစား ခွဲခြားထားသည်။

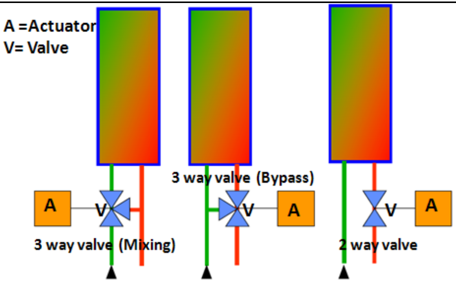
(၁) Two pipe system
(၂) Three pipe system
(၃) Four pipe system

Direct return system နှင့် Reverse return system ဟူ၍လည်း return လိုင်းကို အခြေခံ၍ အမျိုးအစား ခွဲခြားလေ့ရှိသည်။ Primary နှင့် secondary system ဟူ၍လည်း ပန့်ကို အခြေခံ၍ အမျိုးအစား ခွဲခြားလေ့ရှိသည်။

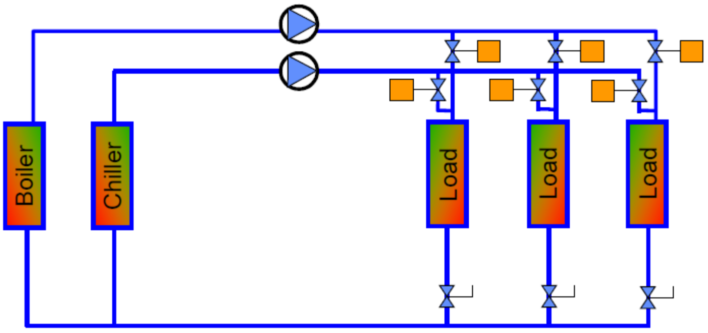
Two pipe system တွင် ပိုက်(၂)ချောင်းသာ ပါရှိသည်။ ပိုက်(၁)ချောင်းသည် supply ပိုက် ဖြစ်ပြီး ကျန်ပိုက်တစ်ချောင်းသည် return ပိုက်ဖြစ်သည်။ Heating နှင့် cooling ကို တစ်ပြိုင်နက် အသုံးပြုရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။



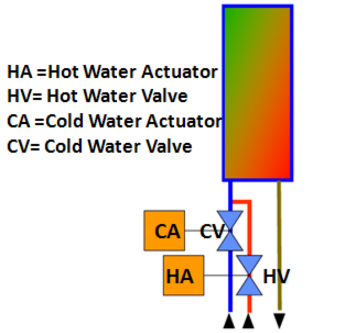
ပုံ ၁၀-၆ Two pipe system



ပုံ ၁၀-၇ Two pipe system တွင်သုံးသော valve များ



ပုံ ၁၀-၈ Three pipe system



ပုံ ၁၀-၉ Three pipe system တွင်သုံးသော valve များ

၁၀.၃ Four Pipe System ၏ အားသာချက်များ

တစ်နှစ်ပတ်လုံး heating နှင့် cooling နှစ်မျိုးစလုံးအတွက် ဇုန်တစ်ခုချင်းစီ၏အပူချိန် (individual zone temperature)ကို control လုပ်နိုင်သည်။

(က) Spring and Fall season များ ၌ chilled water နှင့် hot water တို့ကို တစ်ပြိုင်နက် ပေးနိုင်သည်။

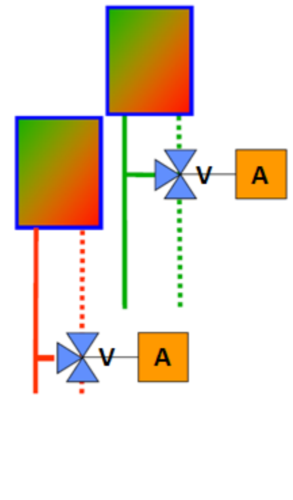
(ခ) ဇုန်များပြုလုပ်ရသည့် ကုန်ကျစရိတ်ကို သက်သာစေနိုင်သည်။ ဆောင်းအကုန်နွေအကူး ကာလများတွင် heating လုပ်မည် သို့မဟုတ် cooling လုပ်မည် စသည့်တို့ စဉ်းစားရန်မလို။

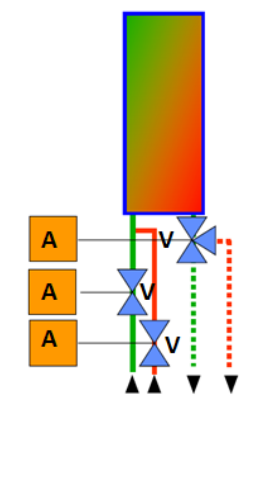
(ဂ) Fan speed ကို အနေးဆုံးဖြင့် မောင်းနိုင်သောကြောင့် ဆူညံသံမဖြစ်ပေါ်ပေ။

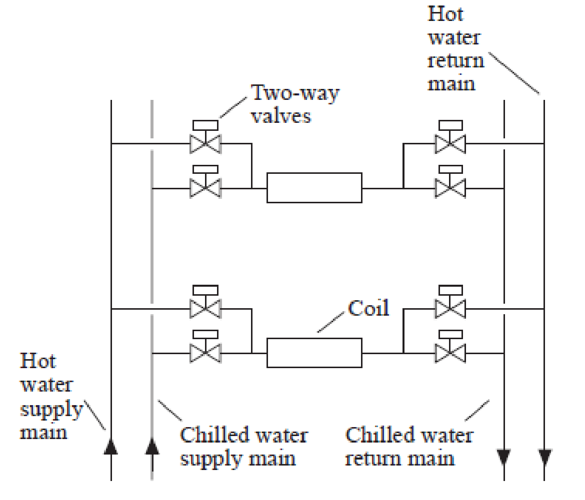
ရေ(water) အလွယ်တကူ ရနိုင်ခြင်း၊ ဈေးပေါခြင်း(cheap) ၊ အဆိပ် ဘေးအန္တရယ် မရှိခြင်း(nontoxic) နှင့် မီးလောင်မလွယ်ခြင်း(non-flammable) ဖြစ်ခြင်း တို့ကြောင့် ဖြစ်သည်။ ရေသည် ရေခဲ(solid)၊ အရည်(liquid) နှင့် ရေခိုးရေငွေ့(gaseous) အနေဖြင့် တည်ရှိနိုင်သည်။

ရေခဲ(ice) ကို cooling system များတွင် cooling effect ကို သိုလှောင် သိမ်းဆည်းထား (storage)ရန်အတွက် အသုံးပြုသည်။ ရေခဲ(၁)ပေါင် သည် 144 Btu(335 kJ/kg) cooling effect ကို သိုလှောင် ထားနိုင်စွမ်း ရှိသည်။ ရေခဲ(၁)ပေါင်ကို မပြောင်းလဲသည့်အပူချိန် (constant temperature) တစ်မျိုးတွင် အရည်ပျော်(melting) စေသည့်အခါ 144 Btu ပမာဏ ရှိသော အပူစွမ်းအင်(Heat energy) ကို စုပ်ယူသွားသည်။

Saturated steam ကို heating operating သို့မဟုတ် heating system များတွင် အသုံးပြုသည်။ Steam ၏ latent heat of vaporization သည် steam ၏ ဖိအား(pressure) ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ အလေးချိန် (၁) ပေါင် (1 lb) ရှိသော steam ကို လေထုဖိအား(atmospheric)အောက်တွင် condense(အအေးခံ) လိုက်ပါက 970 Btu ရရှိနိုင်သည်။(2256 kJ/kg of steam) ရေကို အရည်(liquid)အခြေအနေတွင် heat transfer medium အဖြစ် အသုံးပြုခြင်းသည် စီးပွားရေးအရ တွက်ခြေကိုက်သည်။ ရေထက်သာလွန်သည့် တခြားအရည် တမျိုးရှိနိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ System တစ်ခု ၏ ပိုက်ထဲတွင် ရေကို heating operation အတွက်သာမက cooling operation အတွက်ပါ တစ်ပြိုင်နက် အသုံးပြုနိုင်သည်။





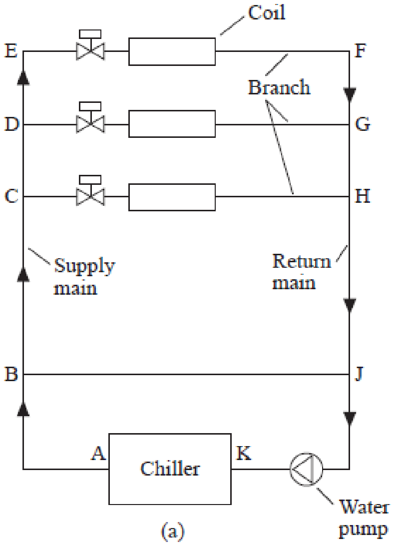


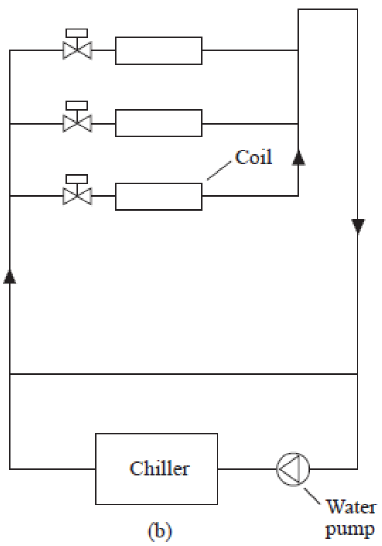
ပုံ ၁၀-၁၀ Pipe c/w two coil 4 Pipe c/w one coil ပုံ ၁၀-၁၁ Four pipe system

ရေကို system တစ်ခု အတွင်း၌ heat carrier အဖြစ် အသုံးပြုခြင်းကြောင့် ရေသည် ဂုဏ်သတ္တိများ မပြောင်းလဲသွားပေ။(သန့်စင်နေသမျှ ကာလပတ်လုံး ရေ၏ ဂုဏ်သတ္တိများ မပြောင်းလဲပေ။)

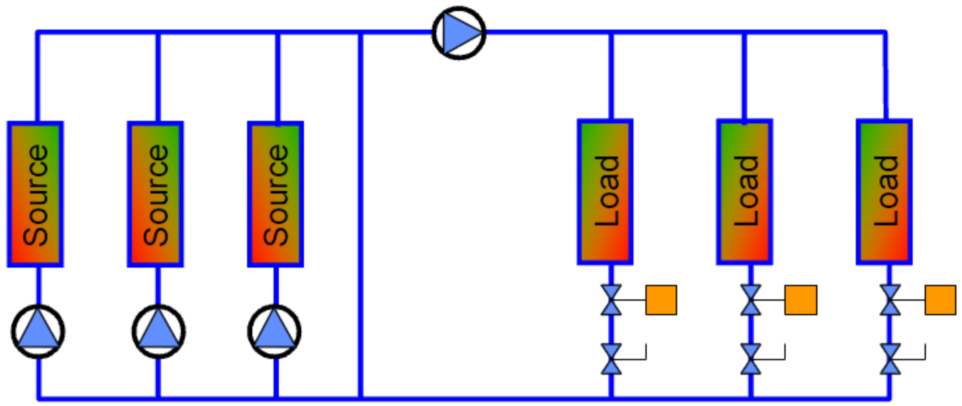
Hydronic system များသည် heat transfer system များ ဖြစ်ကြသည်။ အပူချိန် မြင့်နေရာ(high temperature)နေရာမှ အပူ(heat) တို့ကို စုပ်ယူ သယ်ဆောင်သွားပြီး အပူချိန်နိမ့် သည့်နေရာ(low temperature)သို့ ရောက်ရှိချိန်တွင် အပူ(heat) များကို စွန့်ထုတ်သည့် system များကို "hydronic system" ဟုခေါ်သည်။ ဥပမာအားဖြင့် chilled water system ၊ hot water system စသည်တို့ဖြစ်သည်။

Hydronic system များကို စနစ်တကျ လေ့လာရာတွင် အဆင့်သုံးဆင့်ရှိသည်။ ပထမအဆင့် အနေဖြင့် ရေ၏ဂုဏ်သတ္တိများ (properties of water) ဖိအားများ(pressure distribution)နှင့် flow များတို့ ဖြစ်သည်။ ဒုတိယ အဆင့် အနေဖြင့် hydronic system များ၏ properties များကို နားလည်ရန်လိုသည်။ တတိယ အဆင့် အနေဖြင့် အမျိုးမျိုးသော hydronic system များ၏ ဒီဇိုင်း ပုံစံ ထုတ်ခြင်း တို့ဖြစ်သည်။





ပုံ ၁၀- ၁၂(က) Two-pipe direct return system (ခ) Two-pipe reverse system



ပုံ ၁၀-၁၃ Primary –Secondary System Source

၁၀.၄ Properties of Water (ရေ၏ဂုဏ်သတ္တိများ)

ရေကို အပူပေးလျှင် ရေသည် ကျယ်ပြန့်(expend)လာသည်။ ရေ၏ကျယ်ပြန့်(expend)နှုန်းကို သုတေသီများ(researchers) က " Steam Table" ဖြင့် စနစ်တကျ လေ့လာ မှတ်တမ်းတင်ထားသည်။ ရေသည် အပူချိန် 39.2°F(4°C) သို့ရောက်သည့် အခါ ရေ၏သိပ်သည်းဆ(density)သည် အမြင့်ဆုံး ဖြစ်သည်။

Hydronic system များတွင် ရှိသည့် စီးနှုန်း(flow) ကို volume flow ဖြင့် ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ Gallons Per Minute(GPM) တစ်မိနစ်လျှင် ဂါလံ မည်မျှ စီးဆင်းသည်၊ လည်ပတ်သည်။ သို့မဟုတ် liter per second(L/s) တစ်စက္ကန့်လျှင် လီတာ မည်မျှ စီးဆင်းနေသည်၊ လည်ပတ်နေသည် ဟု ဖော်ပြသည်။

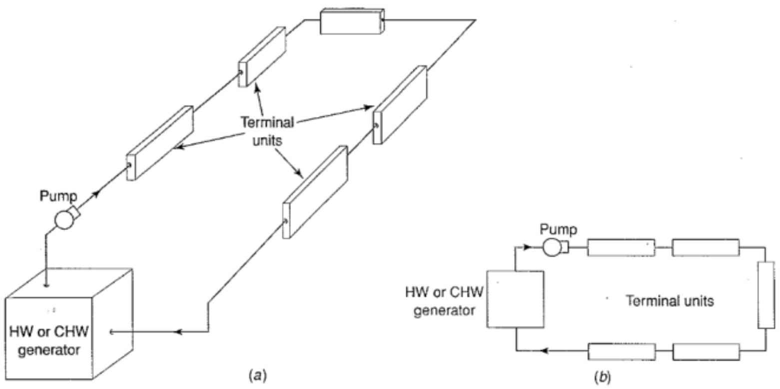
ရေသည် compressible fluid တစ်မျိုးဖြစ်သောကြောင့် အပူချိန် အတက်အကျ ဖြစ်လျှင် expansion နှင့် contraction ဖြစ်သည်။ Closed system အတွင်းတွင် ရှိသော ရေများ အတွက် expansion နှင့် contraction ဖြစ်ခြင်းတို့ အတွက် သင့်လျော်သည့် စီမံမှုများ ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

Pipe arrangement များကို အောက်ပါအတိုင်း(၄)မျိုး ခွဲခြားနိုင်သည်။

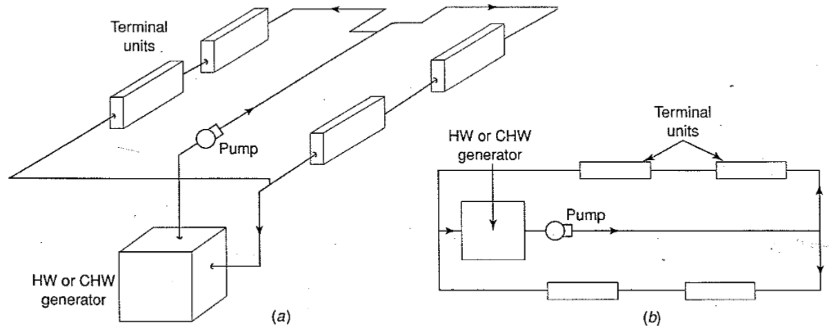
(၁) Single loop
(၂) One-pipe main
(၃) Two pipe direct return နှင့်
(၄) Two pipe reverse return တို့ဖြစ်သည်။

(က) Single Loop

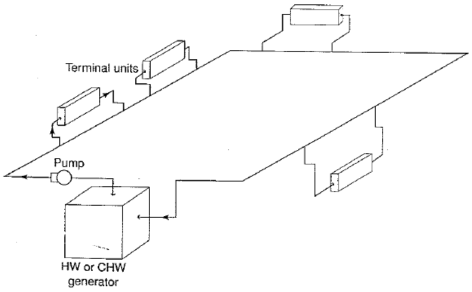
Terminal unit များအားလုံးကို အတန်းလိုက်(series) ပုံစံမျိုး ချိတ်ဆက်ထားသောကြောင့် "series loop" ဟုခေါ်ဆိုခြင်းဖြစ်သည်။



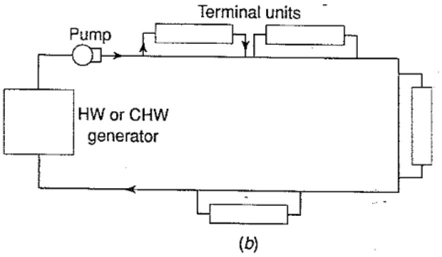
ပုံ ၁၀-၁၄ အထက်ပါပုံသည် series loop piping system အမျိုးအစားကို(a)Isometric Drawing နှင့်(b) Schematic ဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။



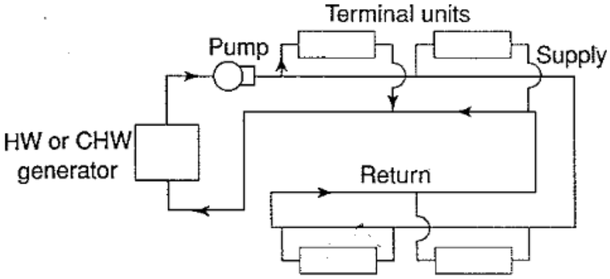
ပုံ ၁၀-၁၅ Split series loop piping system (a) Isometric (b) Schematic



ပုံ ၁၀-၁၆

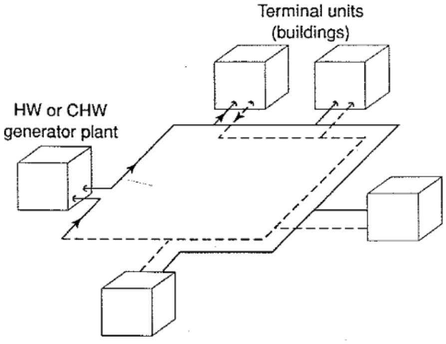


ပုံ ၁၀-၁၇

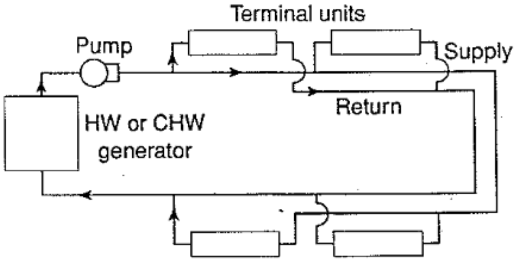


ပုံ ၁၀-၁၈

Two direct return system

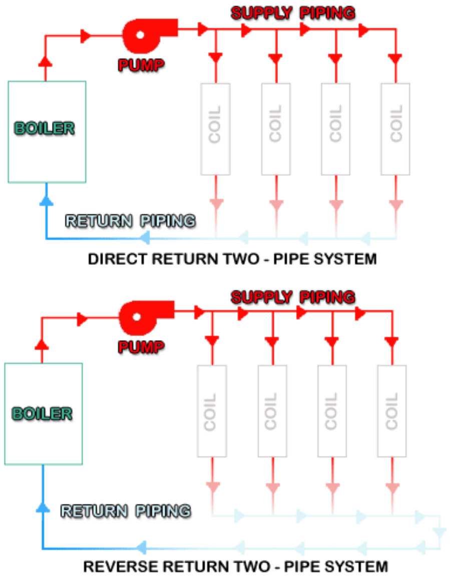


ပုံ ၁၀-၁၉

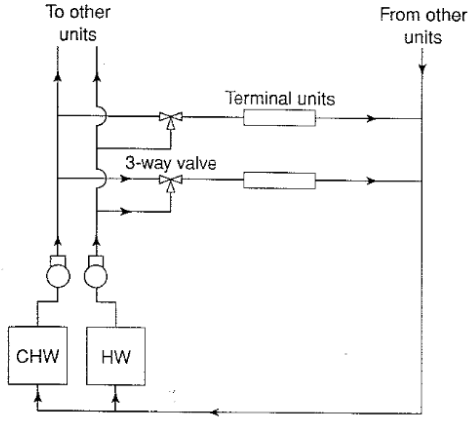


ပုံ ၁၀-၂၀

Two-pipe reverse return system(a)Isometric- two pipe reverse return to a number of building(B) Schematic



ပုံ ၁၀-၂၁



ပုံ ၁၀-၂၂ Three pipe system

၁၀.၅ Water Hammer ဖြစ်ခြင်း

အလွန်ရှည်လျားသော ပိုက်တစ်ခုတွင် ရှိသော valve ကို ပိတ်လိုက်သည့် အခါမျိုးတွင် water hammer ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ ပိုက်ထဲတွင် စီးနေသည့် fluid တစ်မျိုး၏ velocity သည် valve ပိတ်လိုက်ခြင်းကြောင့် velocity head မှ pressure head အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသွားကာ ပိုက်အတွင်းတွင် pressure wave တစ်ခု ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို pressure wave သည် အသံ၏လျှင်မြန်နှုန်း sonic speed 4860 ft/s(1480m/s) ဖြင့် valve ၏ တခြားတစ်ဘက် ရောက်သွားပြီး valve ထံသို့ ပြန်ရောက်လာသည်။ ထိုအချိန်တွင် valve သည် လုံးဝပိတ်ပြီး နေပါက pressure wave သည် တခြားဘက်သို့ ပြေးဆောင့်လိုက် valve ဆီပြန်လာလိုက် နှင့် ရှိသမျှ စွမ်းအင် အားလုံး ကုန်ဆုံးသွားသည်(dissipated ဖြစ်သည်)အထိ ဖြစ်နေလိမ့်မည်။

အကယ်၍ ပိုက်သည် တိုလွန်းသောကြောင့် pressure wave က valve ဆီပြန်ရောက်သည့် အချိန်တွင် water hammer မဖြစ်ပေါ် နိုင်ပေ။ အလွန်ဆူညံသံ ဖြစ်ပေါ်သည်။ ပြင်းထန်သည့် ထိခိုက်ပျက်စီးမှု serious damage ဖြစ်နိုင်သည်။

၁၀.၆ Stratification ဖြစ်ခြင်း

ရေသည် အပူလျှောက်ကူမှုမကောင်းသည့်ဒြပ် (poor inductor) တစ်မျိုးဖြစ်သည်။ အေးသော ရေသည် ပူသည့် ရေထက် ပို၍ လေးသည်။ အေးသည့် ရေကို ပူသည့် ရေကန်ထဲသို့ (hot water layer) ထည့်လိုက်ပါက ပူသည့် ရေ၏ buoyancy force ကြောင့် အေးသည့် ရေ၏အလေးချိန်ကြောင့် ရေနှစ်မျိုး ရောနှောကာ တူညီသည့် ရေ၏ အပူချိန် သို့ ရောက်သွားလိမ့်မည်။ သို့သော် ပူသည့် ရေ(hot water)ကို အေးသည့်

ရေအလွှာ(cold water layer)ပေါ်သို့ ထည့်လိုက်လျှင် ရေပူသည် buoyancy force ကြောင့် အပေါ်ယံတွင်သာ ရှိနေပြီး အေးသည့် ရေ၏ အလေးချိန်ကြောင့် အောက်တွင်သာ ရှိနေလိမ့်မည်။ ထိုရေနှစ်မျိုးကို တစ်စုံတစ်ရာ မပြုလုပ်ပါက သူ့အလိုလို ရောနှောသွား လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ ထိုကဲ့သို့ အပူချိန် မတူညီသည့် ရေနှစ်မျိုးသည် အလွှာလိုက် သီးခြား အတူတကွ ရှိနေခြင်းကို "**Stratification**" ဟုခေါ်သည်။

မှားယွင်းစွာ နားလည် ယူဆမှုများ

Hydronic system များကို ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရာတွင် အခြေခံသဘောတရားများကို စနစ်တကျ နားလည်သဘောမပေါက်ခြင်း သို့မဟုတ် လွဲမှားစွာ နားလည် ယူဆထားခြင်း တို့ကြောင့် 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 အမြင့် မှ Basement ရှိ pump ၏ suction ပိုက်အတွင်းသို့ စီးဆင်းလာသည်။ ထို့ကြောင့် ထိုပိုက် အပိုင်းကို ထည့်တွက်ရန် မလိုဟု ယူဆကြသည်။ Pump ၏ head သည် ရေကို roof top ရှိ cooling tower သို့ ရောက်အောင် တွန်းပို့ရသည်။ ထို့အပြင်ပိုက်၏ friction losses များ အတွက်ကိုလည်း ထည့်တွက် ပေးရမည် ဟု ယူဆဆကြသည်။ ထို့ကြောင့် over size pump ကို မှားယွင်းစွာ တွက်ချက် ရွေးချယ် ကြသည်။

Chilled water pump ကို လိုအပ်သည့် အရွယ်အစားထက် သေးငယ်သည့် pump ကို ရွေးချယ်မိခြင်း၊

အဆောက်အဦ၏ ထိပ်မှစ၍ chilled water pip friction ကို စတင် တွက်ချက်သည့် အခါ chilled water သည် basement ရှိ chilled water pump အတွင်းသို့ ကမ္ဘာမြေဆွဲအား (gravity) ကြောင့် စီးဆင်းသွားသည်။ ထို့ကြောင့် ထို ပိုက်အပိုင်းကို ထည့်တွက်ရန် မလိုဟု မှားယွင်းစွာ ယူဆကြသည်။ Chilled water circuit သည် closed loop ဖြစ်သော ကြောင့် friction losses ကိုသာ တွက်ရန်လိုသည်ဟု ယူဆကြခြင်းကြောင့် chiller water pump သည် လိုအပ်သည်ထက် ပိုသေးငယ်သည့် pump အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်မိတတ်ကြသည်။

၁၀.၇ 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

ဖိအားကျဆင်းမှု(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 သတ်မှတ်ထားသော 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

Basically consists of three major parts:

- Air system – air handling units (AHU), air distribution (air duct) system and terminals.
- Water system – chilled water system, hot water system, condenser water system.
- Central plant – refrigeration (chiller) plant, boiler plant.

-End-