Chapter 1- Physical Properties of Fluids

အဆောက်အဦများရှိ M&E system များတွင် အသုံးအများဆုံးသော fluid နှစ်မျိုးမှာ ရေနှင့် လေတို့ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် M&E အင်ဂျင်နီယာများ၊ ACMV အင်ဂျင်နီယာများ အနေဖြင့် ရေနှင့်လေတို့၏ ဂုဏ်သတ္တိများ အကြောင်းကို အသေးစိတ် သိထားရန် လိုအပ်သည်။ အောက်တွင် လေနှင့်ရေတို့၏ ဂုဏ်သတ္တိများကို အနှစ်ချုပ် ဖော်ပြထားသည်။

၁.၁ Physical Properties of Fluids

အရည်များ စီးဆင်းမှု(fluids flow)၊ ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)စသည်တို့ကို လေ့လာရန်အတွက် အရည်များ၏ဂုဏ်သတ္တိများ(physical properties of fluids)ကို သိထားရန် လိုအပ်သည်။ အရည်များ၏ သိပ်သည်းဆ(density)နှင့် စေးပျစ်မှု(viscosity)တို့သည် အရည်များစီးဆင်းခြင်းနှင့် သက်ဆိုင်သည့် အရေးကြီးသည့် ဂုဏ်သတ္တိနှစ်မျိုး ဖြစ်သည်။

၁.၁.၁ သိပ်သည်းဆ (Density)

အရည်တစ်ခု၏ သိပ်သည်းဆ(density)ကို ρ ဖြင့် သတ်မှတ်ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ စံအခြေအနေ(standard condition)၌ တစ်ယူနစ်ထုထည်၌ ရှိသောအရာဝတ္ထု၏ အလေးချိန်(mass per unit volume)သည် သိပ်သည်းဆ ဖြစ်သည်။ Fluid တစ်ခု၏ သိပ်သည်းဆ(density) ဆိုသည်မှာ standard condition အခြေအနေတွင် ရှိသည့် mass ကို ထုထည် (volume)နှင့် စားထားခြင်း ဖြစ်သည်။ Standard indoor condition ဆိုသည်မှာ အခန်း၏ အပူချိန် 20°C နှင့် လေထု ဖိအား 101.325 kPa (sea-level atmospheric pressure) ဖြစ်သည်။ ထုထည်သည် ဖိအားနှင့်အပူချိန်ကို လိုက်၍ ပြောင်းလဲနေသောကြောင့် ဖော်ပြချက်တိကျစေရန် စံအခြေအနေတစ်ခုကို သတ်မှတ်ရခြင်း ဖြစ်သည်။

စံအဖြစ်သတ်မှတ်ထားသည့်အခြေအနေ(standard indoor conditions) 20°C and 101.325 kPa (sea-level atmospheric pressure)တွင် လေနှင့် ရေတို့၏ သိပ်သည်းဆ(densities of air and water)မှာ

$$\rho_{water} = 998\ kg/m^3$$

$$\rho_{air} = 1.21\ kg/m^3$$

၁.၁.၂ စေးပျစ်မှု(Viscosity)

Fluid တစ်မျိုး၏ စေးပျစ်မှု ဆိုသည်မှာ ကပ်လျက်ရှိ အလွှာများ(adjacent fluid layers) ရွေ့လျားခြင်းကို ခုခံထားမှု ဖြစ်သည်(Viscosity is the resistance of adjacent fluid layers to shear.)။ Fluid ၏ စီးဆင်းမှုကို ခုခံထားမှု ဖြစ်သည်။

စေးပျစ်မှုများလျှင် high viscosity ဟု သတ်မှတ်သည်။ စေးပျစ်မှုများခြင်း(high viscosity) ဆိုသည်မှာ စီးဆင်းရန် အလွန်ခက်ခဲဟု ဆိုလိုသည်။ ရေနံစိမ်း နှင့် ပျားရည်သည် ရေထက် ပို၍ စေးပျစ်သောကြောင့် စီးဆင်းရန် ခက်ခဲသည်။ အရည်များသည် အငွေ့များထက် ပို၍ စေးပျစ်သည်။

အရည်(fluid)တစ်မျိုးသည် ပို၍ စေးပျစ်လေ စီးဆင်းရန် ခက်ခဲလေ ဖြစ်သည်။ စေးပျစ်မှုများသည့် အရည်များ စီးဆင်းစေရန်အတွက် ပန့်စွမ်းအင်(pump energy) ပိုလိုအပ်သည်။ စေးပျစ်မှု(viscosity of a fluid)ကို နည်း(၂)မျိုးဖြင့် ဖော်ပြနိုင်သည်။

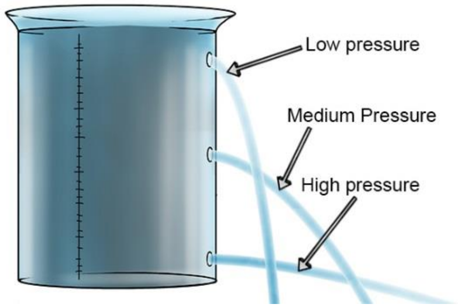
(က) Absolute or dynamic viscosity

Absolute or dynamic viscosity ဆိုသည်မှာ fluid များ ပုံပြောင်းခြင်း(internal deformation) ကို ခုခံထားနိုင်မှု တန်ဖိုးကို ဖော်ပြသည့်အတိုင်းအတာ ဖြစ်သည်။(This is a measure of a fluid's resistance to internal deformation.) Dynamic viscosity ၏ ယူနစ်မှာ Pascal seconds (Pa s) or Newton seconds per square metre (Ns/m2) ဖြစ်သည်။ [1Pa s = 1 Ns/m2]

(ခ) Kinematic viscosity

Kinematic viscosity ဆိုသည်မှာ absolute viscosity နှင့် density တို့၏ အချိုး(ratio) ဖြစ်သည်။ Kinematic viscosity ၏ ယူနစ်မှာ metres squared per second (m^2/s)ဖြစ်သည်။

Heating system နှင့် cooling system များတွင် ရေ(water)ကို အပူများသယ်ဆောင်(heat transfer) ရန်အတွက် အသုံးပြုကြသောကြောင့် “Hydornic” ဟု ခေါ်ဆို သတ်မှတ်ကြခြင်း ဖြစ်သည်။ အထပ်ပေါင်းများစွာ မြင့်မားသည့် မိုးထိ တိုက်ကြီးများနှင့် အဆောက်အဦများစွာ ပါဝင်သည့် campus facilities တို့ကဲ့သို့ အလွန်ကြီးမားသည့် အဆောက်အဦ(large-scale commercial building)တွင် အသုံးပြုကြသည့် chilled water system (cooling အတွက်) နှင့် steam သို့မဟုတ် hot-water system (heating အတွက်)များ အားလုံးသည် hydornic system များ ဖြစ်ကြသည်။



ပုံ ၁-၁ အရည်၏ အမြင့်ကို လိုက်၍ ဖိအားပြောင်းလဲပုံ

၁.၂ ရေ၏ ဂုဏ်သတ္တိများ(Properties of Water)

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

Cooling system များတွင် ရေခဲ(ice)ကို cooling effect ရရှိရန် သိုလှောင်သိမ်းဆည်းထား(storage)ခြင်း ဖြစ်သည်။ ရေခဲ(၁)ပေါင်သည် 144 Btu(335 kJ/kg) cooling effect ကို သိုလှောင်ထားနိုင်စွမ်း ရှိသည်။ အပူချိန် မပြောင်းလဲစေဘဲ(constant temperature) ရေခဲ(၁)ပေါင်ကို အရည်ပျော်(melting)စေသည့်အခါ 144 Btu ပမာဏ ရှိသော အပူစွမ်းအင်(heat energy)ကို စုပ်ယူသွားသည်။

Saturated steam ကို heating operating သို့မဟုတ် heating system များတွင် အသုံးပြုကြသည်။ 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 (2256 kJ/kg) ရရှိနိုင်သည်။ ရေကို အရည်(liquid)အခြေအနေတွင် heat transfer medium အဖြစ် အသုံးပြုခြင်းသည် စီးပွားရေးအရ တွက်ခြေကိုက်သည်။ ရေထက်သာလွန်သည့် တခြားအရည်တမျိုးမျိုး ရှိနိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ System တစ်ခု၏ ပိုက်ထဲတွင် ရေကို heating operation အတွက် သာမက cooling operation အတွက်ပါ တစ်ပြိုင်နက် အသုံးပြုနိုင်သည်။

ရေကို hydronic system များတွင် heat carrier အဖြစ် အသုံးပြုရသည့် အဓိက အကြောင်းမှာ ရေ၏ ဂုဏ်သတ္တိများ မပြောင်းလဲသွားခြင်းကြောင့် ဖြစ်သည်။ ရေသည် 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။ ဥပမာ အားဖြင့် 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၏ ဒီဇိုင်းပုံစံထုတ်ခြင်း တို့ဖြစ်သည်။

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

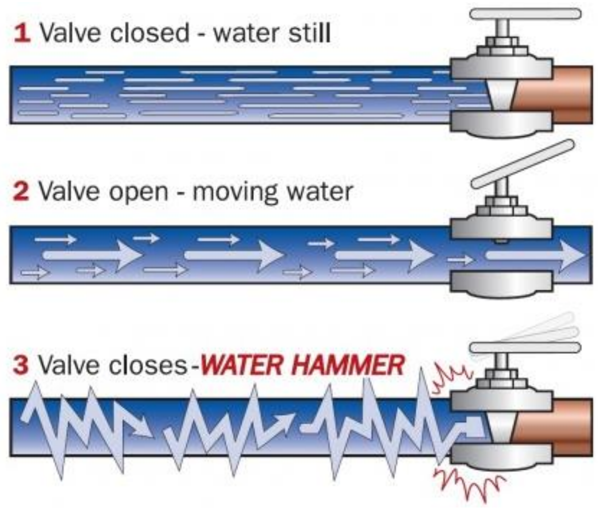
Hydronic system များတွင် ရှိသည့် စီးနှုန်း(flow) ကို volume flow ဖြင့် ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ တစ်မိနစ်လျှင် ဂါလံမည်မျှ စီးသည်(Gallons Per Minute(GPM)) သို့မဟုတ် တစ်စက္ကန့်လျှင် လီတာမည်မျှ စီး(liter per second (L/s)) နေသည်၊ လည်ပတ်နေသည်ဟု ဖော်ပြကြသည်။

ရေသည် compressible fluid တစ်မျိုးဖြစ်သောကြောင့် အပူချိန် အတက်အကျ ဖြစ်လျှင် ကျယ်ပြန့်မှု (expansion) နှင့် ကျုံ့မှု(contraction) ဖြစ်ပေါ်သည်။ Closed system အတွင်း၌ ရှိသော ရေများ အတွက် expansion နှင့် contraction ဖြစ်ခြင်းတို့ အတွက် သင့်လျော်သည့် စီမံမှုများ ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။

၁.၂.၁ Water Hammer ဖြစ်ခြင်း

အလွန်ရှည်လျားသော ပိုက်တစ်ခုတွင် ရှိသော ဘား(valve)ကို ပိတ်လိုက်သည့် အခါမျိုးတွင် water hammer ဖြစ်ပေါ်တတ်သည်။ ပိုက်ထဲတွင် စီးနေသည့် fluid တစ်မျိုး၏ velocity သည် valve ပိတ်လိုက်ခြင်းကြောင့် velocity head မှ pressure head အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသွားကာ ပိုက်အတွင်း၌ pressure wave တစ်ခု ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို pressure wave သည် အသံ၏လျှင်မြန်နှုန်း(sonic speed) 4860 ft/s(1480m/s) ဖြင့် valve ၏ တခြား တစ်ဘက် ရောက်သွားပြီး valve ထံသို့ ပြန်ရောက်လာသည်။ ထိုအချိန်တွင် valve သည် လုံးဝပိတ်ပြီး ဖြစ်နေပါက

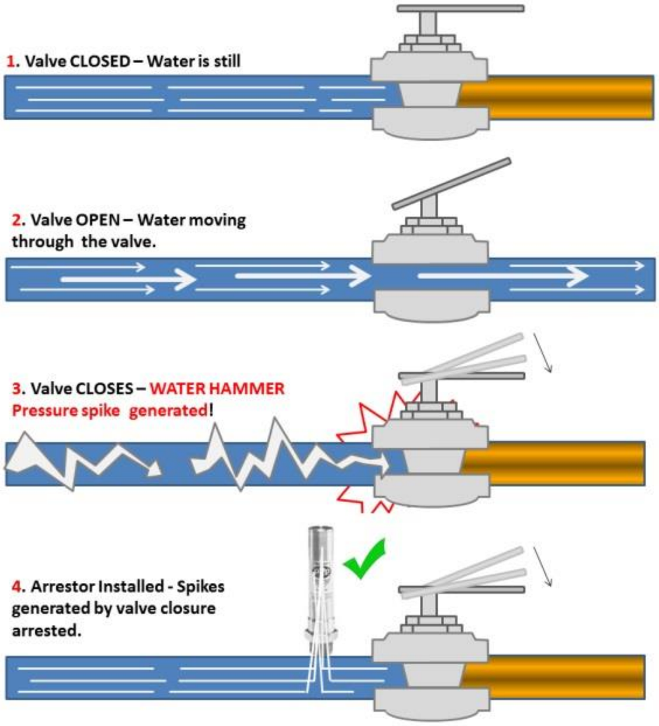
pressure wave သည် တခြားဘက်သို့ ပြေးဆောင့်လိုက် valve ဆီပြန်လာလိုက် နှင့် ရှိသမျှ စွမ်းအင်များအားလုံး ကုန်ဆုံးသွားသည် (dissipated ဖြစ်သည်)အထိ water hammer ဖြစ်ပေါ်နေလိမ့်မည်။



ပုံ ၁-၂ Water hammer ဖြစ်ပေါ်ခြင်း

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

Water Hammer ဖြစ်ခြင်းသည် shock wave တစ်ခု ဖြစ်ပေါ်ပြီး ပိုက်များ(piping system) တစ်လျောက် ပျံ့နှံ့သွားခြင်း ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် စီးဆင်းနေသည့် အရည်များ ရုပ်တရက် ရပ်တန့်လိုက်ခြင်း ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည့် ဆောင့်တွန်းခြင်း ဖြစ်သည်။



ပုံ ၁-၃ Water hammer ဖြစ်ပေါ်ခြင်း

Water hammer ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည့် အကြောင်းအရင်းများ

(၁) ဘားရွေးချယ်မှု မှားခြင်း (Improper valve selection)

Swing check valves ၊ tilting disc checks valves နှင့် double door check valves များကို မှားယွင်းစွာ ရွေးချယ်မိခြင်း၊ မသင့်လျော်သည့်နေရာတွင် တပ်ဆင်မိခြင်း တို့ကြောင့် water hammer problem များ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

(၂) ဘားတပ်ဆင်သည့်နေရာမှားယွင်းခြင်း(Improper valve location)

(၃) ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု ညံ့ဖျင်းခြင်း(Poor Maintenance Practices)

Water hammer ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကြောင့် hydraulic shock ဖြစ်ပေါ်သည်။ Hydraulic shock သည် စီးဆင်းနေမှုကို ဟန့်တားခြင်းကြောင့် အရည်၏ဖိအား ရုပ်တရက် အလွန်မြင့်တက်လာခြင်း(momentary rise in fluid pressure from a sudden stoppage of flow)ဖြစ်သည်။ Hydraulic shock ဖြစ်ပေါ်ချိန်တွင် piping system သည် ရုတ်တရက် ဖိဆောင့်ခြင်း ခံရသည်။

ပုံ ၁-၄ Water hammer ကြောင့် ဘားများ ပျက်စီးပုံ

စီးဆင်းနေမှု ရုပ်တရက် ရပ်တန့်သည့်အခါ(sudden stoppage of flow) ဖြစ်ပေါ်လာင့် water hammer ကြောင့် သက်ရောက်ခြင်းခံရသည့် အား(actual force) ပမာဏသည် ရပ်တန့် ရန်လိုအပ်သည့်ကြာချိန်(length of time of the flow stoppage) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

Water hammer ဖြစ်ပေါ်ခြင်းကို ဖြေရှင်းနိုင်မည့်နည်းများ

- မောင်းသူများ(operators)ကို သင်တန်းပေးခြင်း၊ ပညာပေးခြင်း(Operator training and education)
- Arrestor များ တပ်ဆင်ထားခြင်း
- Check valve များ တပ်ဆင်ထားခြင်း

Water hammer ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်နိုင်သော ပြဿနာများ

(က) ဝန်ဆောင်မှုများ ရပ်နားရခြင်း၊ လုပ်ငန်းများ ရပ်တန့်ခြင်း(Service breaks)

(ခ) ဖိအား အလွန်မြင့်ခြင်း(extreme high pressures)ကြောင့် ကိရိယာများ(instruments) နှင့် gauge များ ပျက်စီးခြင်း

(ဂ) Contamination potential from negative pressures in mains

(ဃ) System အတွင်း၌ ဖိအား မြင့်တက်လာခြင်း (easily generating higher pressure rises, but lower fatigue problems)

Water hammer ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်နိုင်သော နေရာ(where)နှင့် အချိန်(when)

(၁) နေရာတိုင်းတွင် ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ (Anywhere flow stops or starts quickly)

(က) Pump stations

(ခ) Control valves and isolation valves

(ဂ) Hydrants

(ဃ) Rapid and large demand changes

(င) Air release valves

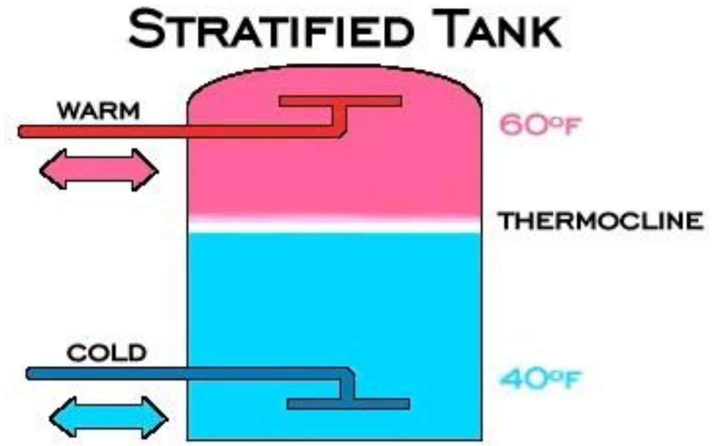
(စ) Column separation

(၂) အထူးသဖြင့် ရှည်လျားသည့် မိန်းပိုက်နှင့် စီးနှုန်းအလျင်မြင့်သည့်နေရာများတွင် ပိုဖြစ်နိုင်သည်။ (Longer Mains and higher velocities)

(၃) Network တစ်ခုအဖြစ် ပိုက်ဆက်များသည့် မိန်းပိုက်များတွင် ဖြစ်ပေါ်မှု နည်းလေ့ရှိသည်။ (Networked mains less likely to have problems)

၁.၂.၂ Stratification ဖြစ်ခြင်း

ရေသည် အပူလျှောက်ကူးမှု မကောင်းသည့်ဒြပ်(poor inductor) တစ်မျိုးဖြစ်သည်။ အေးသော ရေသည် ပူသည့် ရေထက် ပို၍ လေးသည်။ အေးသည့် ရေကို ပူသည့် ရေကန်ထဲသို့(hot water layer) ထည့်လိုက်ပါက ပူသည့် ရေ၏ buoyancy force ကြောင့် အေးသည့် ရေအလေးချိန်ကြောင့် ရေနှစ်မျိုး ရောနှောကာ ရေနှစ်မျိုးတို့၏ အပူချိန် တူညီသွားလိမ့်မည်။ သို့သော် ရေပူ(hot water)ကို အေးသည့် ရေအလွှာ(cold water layer)ပေါ်သို့ ထည့်လိုက်လျှင် ရေပူသည် buoyancy force ကြောင့် အပေါ်ယံတွင်သာ ရှိနေပြီး အေးသည့် ရေအလေးချိန်ကြောင့် အောက်တွင်သာ ရှိနေလိမ့်မည်။ ထိုရေနှစ်မျိုးကို တစ်စုံတစ်ရာ မပြုလုပ်ပါက သူ့အလိုလို ရောနှောသွား လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ ထိုကဲ့သို့ အပူချိန် မတူညီသည့် ရေနှစ်မျိုးသည် အလွှာလိုက် သီးခြား အတူတကွ ရှိနေခြင်းကို "**Stratification**" ဟုခေါ်သည်။



ပုံ ၁-၅ Stratification tank

Hydronic piping system များတွင် ရေ(water)ကို ကြိုက်နှစ်စွာ အသုံးပြုရခြင်း၏ အကြောင်းများ

(က) အဆောက်အဦအတွင်း၌ thermal energy များကို အကောင်းဆုံး သယ်ယူပို့ဆောင်နိုင်သည့်နည်း ဖြစ်သည်။

(ခ) A 2" Pipe Moves As Much Energy As A 42" Duct

(ဂ) A Chilled Water Coil W/ Valve Can Offer Excellent Control

(ဃ) Dehumidification

(င) Chiller Plants Can Be Very Efficient

(စ) Locate Equipment Away From Occupants

(ဃ) Service

(င) Sound

(စ) Safety

- End -

Contents

၁.၁ Physical Properties of Fluids..1
၁.၁.၁ သိပ်သည်းဆ (Density)..
၁.၁.၂ စေးပျစ်မှု(Viscosity)...
၁.၂ ရေ၏ ဂုဏ်သတ္တိများ(Properties of Water)...2
၁.၂.၁ Water Hammer ဖြစ်ခြင်း ....
၁.၂.၂ Stratification ဖြစ်ခြင်း ....