Pumps

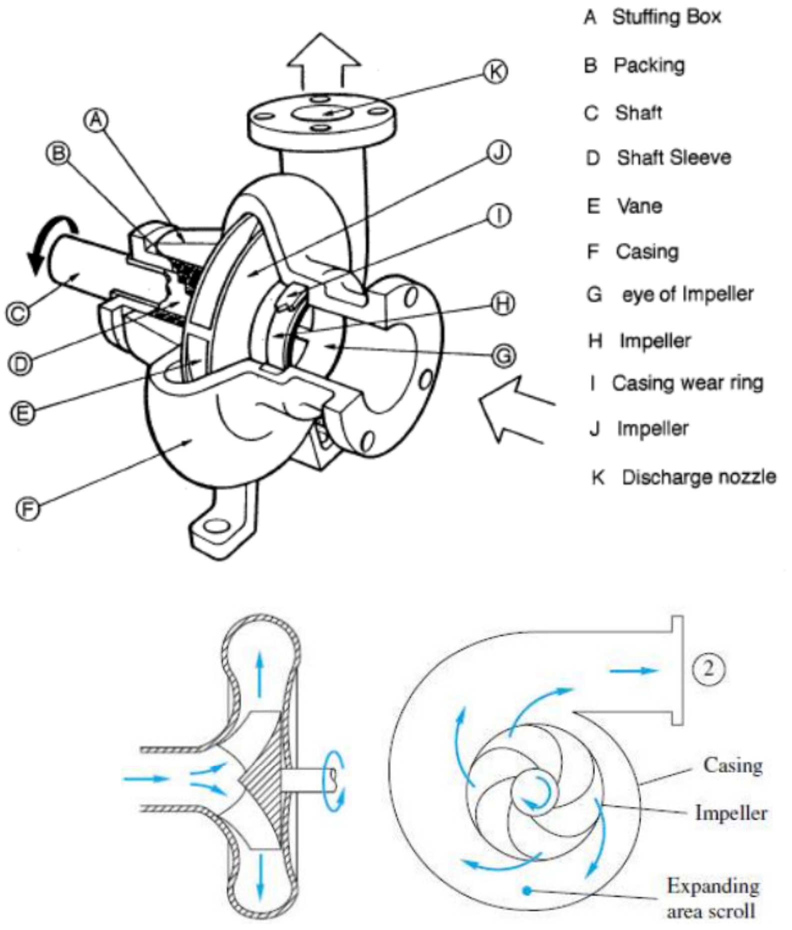
Contents

၁၁.၁ Pump အမျိုးအစားများ 2
၁၁.၁.၁ End Suction Pump များ 3
၁၁.၁.၂ Inline Pump များ 3
၁၁.၁.၃ Horizontally Split Case Pump 4
၁၁.၁.၄ Vertically Split Case Pump 4
၁၁.၂ Understanding Pump Head 5
၁၁.၂.၁ Pump Head 5
၁၁.၃ Friction Head 7
၁၁.၄ Suction Head နှင့် TDH ပြဿနာများ 8
၁၁.၅ Suction Lift နှင့် TDH ပြဿနာများ 8
၁၁.၆ Pump Curves 14
၁၁.၇ Pump Selection 21
၁၁.၈ Pump Efficiency ပိုကောင်းစေရန်နည်းလမ်းများ 24
၁၁.၉ မေးခွန်းများ 25
၁၁.၁၀ ပန့် ပွစ္စာများ 27
၁၁.၁၂ Pumping Systems များ၌ စွမ်းအင်ချွေတာစေနိုင်မည့်အခွင့်အလမ်းများ 30

Pumps

Pump များသည် hydronic system များတွင် လူ၏နှလုံးကဲ့သို့ လုပ်ဆောင်ပေးသည်။ ဤအခန်းတွင် Centrifugal Pump များ အလုပ်လုပ်ပုံ နှင့် မည်ကဲ့သို့ ရွေးချယ်သည်ကို လေ့လာမည်ကြသည်။ လုပ်ငန်းခွင်တွင် အများဆုံးတွေ့ရ၊ အများဆုံးအသုံးပြုကြသည့် Centrifugal Pump အကြောင်းကိုသာ လေ့လာမည်။

အရည်(liquids)များကို တွန်းပို့သည့် (သို့) တနေရာမှ တစ်နေရာသို့သွားစေသည့်စက်များကို pumpဟု သတ်မှတ်ခေါ်ဆိုသည်။ လေနှင့် gases များ တွန်းပို့သည့်ပြီး pressure နည်းသည့်စက်များကို fan ဟုခေါ်ပြီး pressure များသည့်စက်များကို blower ဟုခေါ်သည်။ အလွန်ဖိအားများသည့် စက်ကို compressor ဟုသတ်မှတ်သည်။ အဆောက်အဦး၏ ACMV system များတွင် Centrifugal pump များကို တွင်ကျယ်စွာ အသုံးပြုကြသည်။



Cutaway schematic of a typical centrifugal pump.

၁၁.၁ Pump အမျိုးအစားများ

ပန့်များကို တပ်ဆင်ထားသည့် arrangement နှင့် mechanical features တို့ကိုလိုက်၍ အမျိုးအစားခွဲခြားထားသည်။ အောက်ပါ အမျိုးအစားပန့်များသည် ACMV system များတွင် အသုံးများသော ပန့်များဖြစ်ကြသည်။

က) End Suction Pump

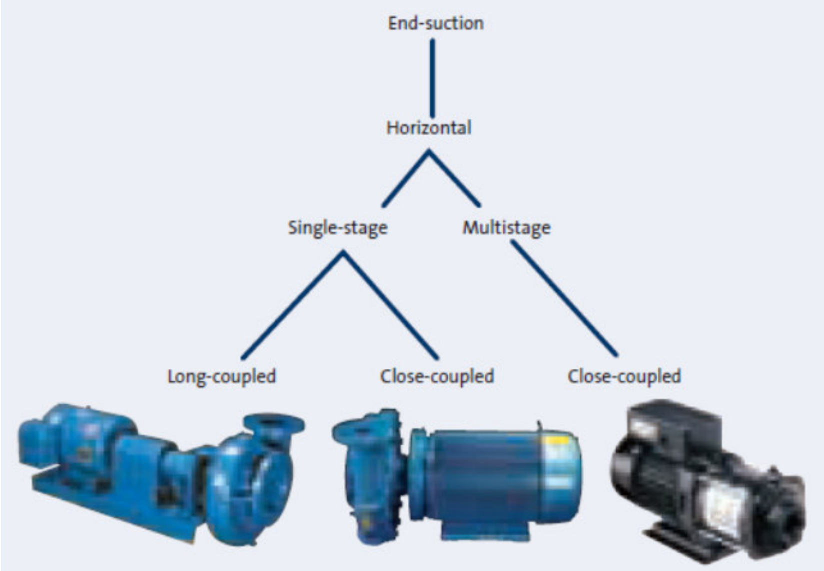
ခ) Inline Pump

ဂ) Horizontal Split Case Pump

ဃ) Vertical Split Case Pump

၁၁.၁.၁ End Suction Pump များ

မော်တာကို ရေပြင်ညီအတိုင်း (Horizontal) တပ်ဆင်ထားသည်။ရေသည် ရေပြင်ညီအတိုင်း (Horizontal) တိုင်းပန့်တွင်းသို့ရောက်ရှိပြီး Vetical အတိုင်းပြန်ထွက်သွားသည်။



End Suction Pump များ

၁၁.၁.၂ Inline Pump များ

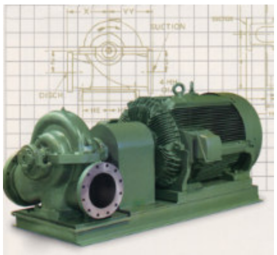
Inline Pump များ

မော်တာကို Vertical အတိုင်းတပ်ဆင်ထားသည်။ရေသည် Horizontal တိုင်းပန့်တွင်းသို့ရောက်ရှိပြီး Horizontal အတိုင်းပြန်ထွက်သည်။

၁၁.၁.၃ Horizontally Split Case Pump

မော်တာကိုHorizontal အတိုင်း တပ်ဆင်ထားသည်။ရေသည် Horizontal တိုင်းပန့်တွင်းသို့ရောက်ရှိပြီး Horizontal အတိုင်းပြန်ထွက်သည်။

Horizontally Split Case Pump



၁၁.၁.၄ Vertically Split Case Pump

မော်တာကို Horizontal အတိုင်းတပ်ဆင်ထားသည်။ရေသည် Vertical တိုင်းပန့်တွင်းသို့ရောက်ရှိပြီးVertical အတိုင်းပြန်ထွက်သည်။

Vertically Split Case Pump များ

သတ်မှတ်ထားသောအမြင့်တစ်ခုသို့ ရောက်လိုသည့် Fluid ၏ Volume ကို အဆက်မပြတ် တွန်းပို့နေရန် Pump များကို အသုံးပြုကြခြင်းဖြစ်သည်။ အမြင့်ကို feet (သို့) meter ဖြင့်ဖော်ပြပြီး flow rate ကို gallon per minute (GPM) (သို့) liter per second (l/s) ဖြင့် ဖော်ပြသည်။

၁၁.၂ Understanding Pump Head

၁၁.၂.၁ Pump Head

ပန့် တစ်လုံးကို မရွေးချယ်မီ System အတွက် လိုအပ်သော စီနှုန်းနှင့် Total dynamic Head (TDH) ကို သိရှိရန်လိုအပ်သည်။ Head ဆိုသည်မှာ လိုအပ်သော ပမာဏ စီးဆင်းသွားရန်အတွက် (သို့) စီးဆင်းသွားသောကြောင့် ဖြစ်ပေါ် လာသော ခုခံအား(resistance) ဖြစ်သည်။ ပန့်တစ်လုံး၏ output သည် 20 head feet ရှိသည်ဟုသည်မှာ ထိုပန် မှထွက်လာသည် ရေကို လေထဲသို့ တည့်မတ်စွာလွှတ်လိုက်လျှင် ပေ၂၀ အမြင့်သို့ရောက်သည်ဟုဆိုလိုသည်။

ပန့်များ၏ Head ကို သုံးမျိုး ခွဲခြားနိုင်သည်။

Static Head ဆိုသည်မှာ တွန်းပို့လိုသော ရေ ရောက်ရှိသွားရမည့် ဒေါင်လိုက်အမြင့်(vertical distance) ဖြစ်သည်။

$$(\textbf{Static Head}, \boldsymbol{ft}) = (\textbf{Discharge Head}, \boldsymbol{ft}) - (\textbf{Suction Head}, \boldsymbol{ft})$$

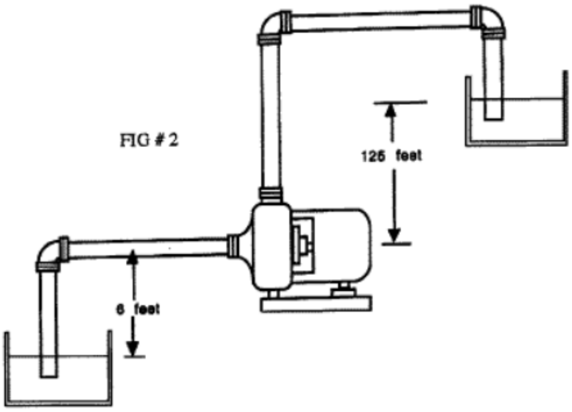
Static Head သည် Discharge Head မှ Suction Head ကိုနုတ်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ Discharge Head ဆိုသည်မှာ ပန့်၏ Center line (pump datum point ဟုလည်းခေါ်သည်။) မှ အဖြည့်ခံကန် (receiving tank) ၏ ရေမျက်နှာပြင်အထိ ဒေါင်လိုက်တိုင်းထားသော အမြင့် (verticle distance) ဖြစ်သည်။

Suction Head ဆိုသည်မှာ ပန့်၏ Center line (pump datum point ဟုလည်းခေါ်သည်။) မှ စုပ်ယူမည့် ရေမျက်နှာပြင်အထိ ဒေါင်လိုက်တိုင်းထားသော အမြင့် (verticle distance) ဖြစ်သည်။ စုပ်ယူမည့် ရေမျက်နှာပြင်သည်ပန့် pump datum point ၏ အထက်တစ်နေရာတွင်လည်းဖြစ်လျှင် Positive Suction Head ဟုသတ်မှတ်သည်။ သို့မဟုတ် စုပ်ယူမည့် ရေမျက်နှာပြင်သည်ပန့် the pump datum point ၏ အနိမ့်တစ်နေရာတွင်လည်းဖြစ်လျှင် Negative Suction Head ဟုသတ်မှတ်သည်။

မြေပြင်ပေါ်တွင်ရှိသော ရေကန်တစ်လုံးမှာ အမြင့်တူညီသော နောက်ရေကန်တစ်လုံးအတွင်းသို့ ပန့်ဖြင့်မောင်းထည့်လျှင်ထို ပန့်၏ static head မှာ သုည ဖြစ်သည်။ တနည်း static head မရှိပေ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော ဒေါင်လိုက်အမြင့်(vertical distance) မရှိသောကြောင့်ဖြစ်သည်။

ဥပမာ- မြေပြင်ပေါ်တွင်ရှိသော ရေကန်တစ်လုံးမှ ရေကို ၁၅ ပေအမြင့်တွင်ရှိသော ရေစင်တစ်ခု အတွင်းရှိ ရေကန်ထဲသို့ ပန့်ဖြင့်မောင်းထည့်လျှင် ထိုပန့်၏ static head မှာ 15 ft Head ဖြစ်သည်။ စုပ်ယူမည့် ရေမျက်နှာပြင်သည် ပန့် pump datum point နှင့် အမြင့်တူသောနေရာတွင် ရှိသောကြောင့် static head (= 0) မရှိပေ။ Suction Head မရှိသောကြောင့် static headသည် Discharge head15 ft နှင့်တူညီသည်။

ဥပမာ



အနက် ၅ ပေရှိသော ရေတွင်း တစ်ခုအတွင်းမှရေကို၁၂၅ပေအမြင့်တွင်ရှိ သော ရေစင်တစ်ခုအတွင်းရှိရေကန်ထဲသို့ ပန့်ဖြင့်မောင်းထည့်လျှင် ထိုပန့်၏ static head မှာ (125, ft) - (-5, ft) = 130ft Head ဖြစ်သည်။ စုပ်ယူမည့် ရေမျက်နှာပြင်သည် ပန့် the pump datum point ထက်အနိမ့် ၁၀ပေ နေရာတွင်ရှိသောကြောင့် Negative Suction Head (-5ft) ဖြစ်သည်။

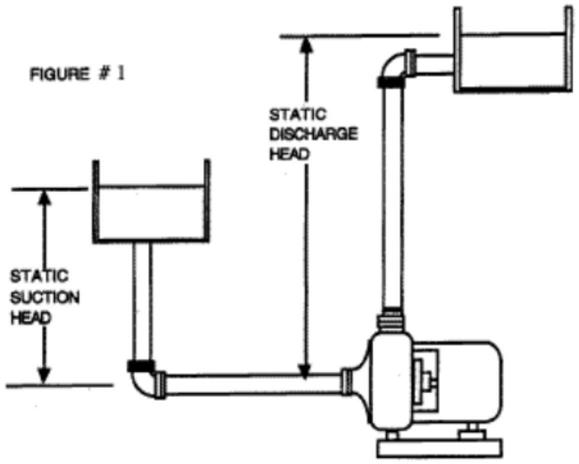
$$(\textbf{Static Head}, \boldsymbol{ft}) = (\textbf{Discharge Head}, \boldsymbol{ft}) - (\textbf{Suction Head}, \boldsymbol{ft})$$
$$= (125\ ft) - (-5\ ft) = 130\ ft$$

ဥပမာ အမြင့် ၁၅ ပေရှိသော ရေကန်တစ်ခုအတွင်းမှ ရေကို ၂၅ပေအမြင့်တွင်ရှိသော ရေစင်တစ်ခုအတွင်းရှိရေကန်ထဲသို့ ပန့်ဖြင့်မောင်းထည့်လျှင် ထိုပန့်၏ static head မှာ (25, ft) - (+15, ft) = 10ft Head ဖြစ်သည်။

စုပ်ယူမည့် ရေမျက်နှာပြင်သည် pump datum point ထက်အမြင့် ၁၅ပေ နေရာတွင်ရှိသောကြောင့် Positive Suction Head (+15ft) ဖြစ်သည်။

$$(\boldsymbol{Static\ Head, ft}) = (\boldsymbol{Discharge\ Head, ft}) - (\boldsymbol{Suction\ Head, ft})$$

= (25 ft) - (+15 ft) = 10ft



ဥပမာ

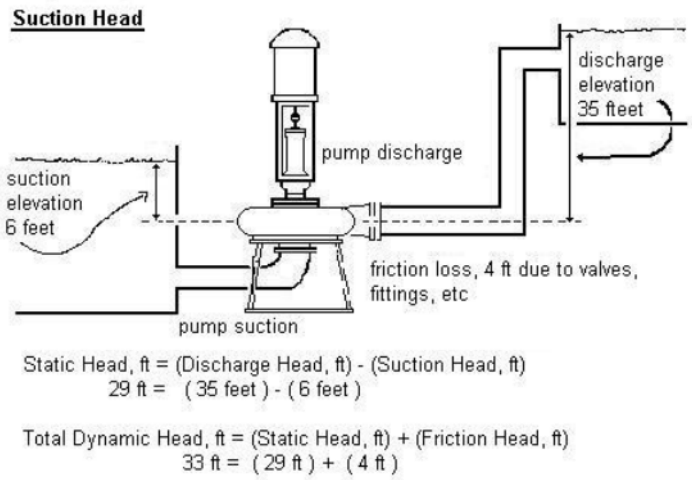
Cooling Tower တစ်လုံး ၏ Hot water Basin သည် ပန့် pump datum point ထက် ၁၅ ပေအမြင့်တွင် ရှိသည်။ Cooling Tower တစ်လုံး ၏ Cool water Basin သည် ပန့် the pump datum point ထက် ၁၀ ပေအမြင့်တွင်ရှိလျှင် ထို Cooling Tower တွင်တပ်ဆင်ထားသော Condenser Water Pump ၏ Static Head သည်မည်မျှဖြစ်မည်နည်း။

Condenser Water Pump သည် Cool water Basin မှ ရေကို စုပ်ယူ၍ Chiller မှတဆင့် Hot water Basinအထိရောက်အောင်တွန်းပို့သည်။ ထို့ကြောင့် စုပ်ယူမည့် ရေမျက်နှာပြင်သည် ပန့် the pump datum point ထက်အမြင့် ၁၀ပေ နေရာတွင်ရှိသောကြောင့် Positive Suction Head (+10ft) ဖြစ်သည်။ Discharge Head မှာ 15ft ဖြစ်သည်။

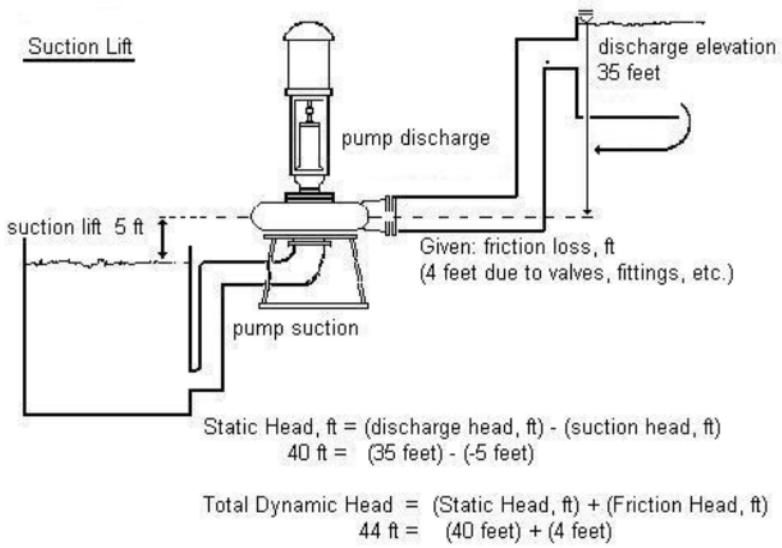
$$(\boldsymbol{Static\ Head, ft}) = (\boldsymbol{Discharge\ Head, ft}) - (\boldsymbol{Suction\ Head, ft})$$

=(15 ft) - (+10 ft) = 5ft

ဥပမာ ၆



ဥပမာ ၇



၁၁.၃ Friction Head

Piping system တစ်ခုအတွင်းတွင် အရည်တစ်မျိုးမျိုး (liquid) စီးဆင်းပါက ထိုအရည်၏ fluid friction ကြောင့် head သို့ pressure losses ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထိုအပြင် fluid သည် piping system အတွင်းတွင်အသုံးပြုထားသော valves ၊ strainers နှင့် bends တို့မှ ဖြစ်ပေါ်လာသော ခုခံအား (resistance) များ မှ လည်း ဖြစ်ပေါ်လာသည်။

Friction losses များသည် ပိုက် material အမျိုးအစား (pipe material) ၊ ပိုက်အရှည် (length of the piping) ၊ ပိုက်အတွင်းတွင် အရည်၏သွားနှုန်း (fluid velocity) နှင့် အရည်၏ ဂုဏ်သတ္တိများ (properties of the fluid) တို့ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ရေ(water) ကဲ့သို့အရည်မျိုးသည်ကိုအသုံးပြုသည် water distribution system များတွင် pipe diameter များစေခြင်းဖြင့် flow velocity လျော့နည်းစေကာ friction losses ကို လျှော့ချနိုင်သည်။

Major Head Loss သည် ပိုက်အတွင်း၌ဖြစ်ပေါ်သည့် friction ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သည်။
Minor Head Loss သည် valves ၊ bends ၊ tees နှင့် fitting များတွင်ဖြစ်ပေါ်သည်။

Friction losses ဟုလည်း ခေါ်သည် Major Head Losses ဟုလည်း ခေါ်သည်။	**Dynamic losses ဟုလည်း ခေါ်သည်။** Minor Head Losses ဟုလည်း ခေါ်သည်။
Pipe Size (flow velocity) Pipe Length Pipe material	changes in flow area (Velocity) Change in Flow Direction Obstructions

$$\textbf{Friction Head} = \textbf{Friction losses} + \textbf{Dynamic losses}$$

$$\textbf{Friction Head} = \textbf{Major Head Losses} + \textbf{Minor Head Losses}$$

Piping systems များတွင် တပ်ဆင်ထားသော အမျိုးမျိုးသော fittingများ နှင့် devices များကြောင့် Dynamic losses သို့ Minor Head Losses များဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို losses များပမာဏသည် fitting များနှင့် device များ၏ ဒီဇိုင်းပေါ်တွင်မူတည်သည်။ ထို့ကြောင့် flow velocity တစ်ခု အတွက် ဘားပုံစံ(types of valves) များပြောင်းလျှင်ပြောင်းသလို ၄င်းတို့နှင့်သက်ဆိုင်သောDynamic losses (သို့) Minor Head Losses များများလည်းလိုက်၍ပြောင်းလဲသည်။ ထို့ကြောင့် ဘားပုံစံ(types of valves) များကို သင့်လျော်သော applications အတွက် စနစ်တကျရွေးချယ်တတ်ရန်လိုအပ်သည်။

ဥပမာအားဖြင့် globe ဘားသည် (globe type valves) chilled water နှင့် condenser water piping systems များတွင် အဖွင့်အပိတ်(isolation) များ လုပ်ရန်အတွက် အများဆုံးအသုံးပြုလေ့ရှိသည်။ ထို globe ဘားသည် လုံးဝပွင့်နေသည့်အခါ (fully open) မျိုးတွင်တောင်မှ high pressure drop ရှိသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် globe ဘား၏ တည်ဆောက်ပုံကြောင့် စီဆင်းမှု၏ ဦးတည်ရာ ပြောင်းလဲသွားသောကြောင့်ဖြစ်သည်။ (to the change in direction the flow). Butterfly valves သည် လုံးဝပွင့်နေသည့်အခါ (fully open) တွင် အနည်းငယ်သော သို့ မပြောပလောက်သော resistance ကိုသာ ဖြစ်စေသည်။

Total dynamic head (TDH) - ဆိုသည်မှာ static head ၊ Friction losses (Major Head Losses) နှင့် Dynamic losses (Minor Head Losses) တို့ပေါင်းထားခြင်းပင်ဖြစ်သည်။

၁၁.၄ Suction Head နှင့် TDH ပြဿနာများ

ဥပမာ: The influent pump discharges into a channel where the liquid level is 14 feet above the pump datum line. The pump draws its suction from a wet well, whose water surface is 5 feet above the pump. The friction head is 5.6 ft.

Static Head ကို ရှာ၍ ပေ (feet) ဖြင့်ဖော်ပြပါ။

Static Head, ft = (Discharge Elev, ft) - (Suction Elev., ft)

Static Head, ft = (14 ft) - (5 ft) = 9 ft Static Head

Calculate the Total Dynamic Head (TDH), in feet.

TDH = (Static Head, ft) + (Friction Head, ft)

TDH = (9 ft) + (5.6 ft) = 14.6 ft TDH

PROBLEM: The influent pump discharges into the grit chamber, where the liquid level is 8 feet above the pump datum line. The pump draws its suction from a wet well, whose water surface is 2 feet above the pump. The friction head is estimated at 2.5 ft.

Determine the Static Head, in feet. (Ans: 6 ft)

Calculate the Total Dynamic Head (TDH), in feet. (**Ans: 8.5 ft**)

PROBLEM: The polymer makeup pump discharges into the solution tank, where the liquid level is 8 feet above the pump datum line. The pump draws its suction from a sump, whose water surface is 2 feet above the pump. The friction head is 1.5 ft.

Determine the Static Head, in feet. (Ans: 6 ft)

Calculate the Total Dynamic Head (TDH), in feet. (**Ans: 7.5 ft**)

၁၁.၅ Suction Lift နှင့် TDH ပြဿနာများ

ဥပမာ The influent pump discharges into a channel where the liquid level is 14 feet above the pump datum line. The pump draws its suction from a wet well, whose water surface is 3 feet BELOW the pump. The friction head is 6 ft.

Determine the Static Head, in feet.

Static Head, ft = (Discharge Elev, ft) - (Suction Elev., ft)

Static Head, ft = (14 ft) - (-3 ft) = 17 ft Static Head

Calculate the Total Dynamic Head (TDH), in feet.

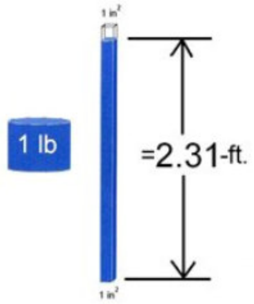
TDH = (Static Head, ft) + (Friction Head, ft)

TDH = (17 ft) + (6 ft) = 23 ft TDH

PROBLEM: The influent pump discharges into the grit chamber, where the liquid level is 8 feet above the pump datum line. The pump draws its suction from a wet well, whose water surface is 2 feet below the pump. The friction head is estimated at 2.5 ft.
Determine the Static Head, in feet. (Ans: 10 ft)
Calculate the Total Head (TDH), in feet. (**Ans: 12.5 ft**)

PROBLEM: The raw water pump discharges into the sand trap, where the liquid level is 18 feet above the pump datum line. The pump draws its suction from a sump in the reservoir, whose water surface is 2 feet below the pump. The friction head is estimated at 4 ft.
Determine the Static Head, in feet. (Ans: 20 ft)
Calculate the Total Dynamic Head (TDH), in feet. (**Ans: 24 ft**)

Pump Head Calculation



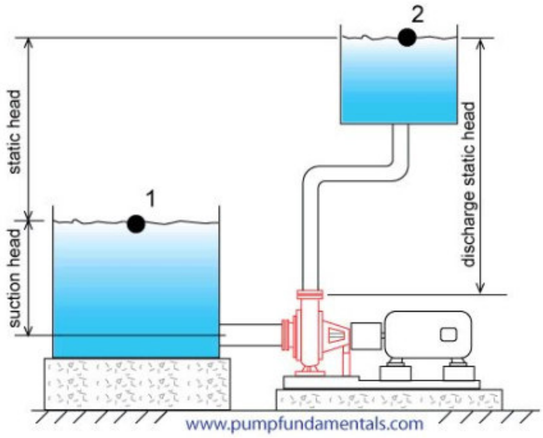
Pump head is a measure of energy. The units of energy are expressed in feet or meters. Pump head သည် စွမ်းအင် ပေ သို့ မီတာ (feet or meters)ကိုဖော်ပြသည့် နည်းတစ်မျိုးဖြစ်သည်။ ဖိအားဆိုသည်မှာ a unit of area အပေါ်သို့ သက်ရောက်နေသော အားပမာဏတစ်ခုဖြစ်သည်။ ၁ ပေါင် အားပမာဏ သည် တစ်လက်မပတ်လည် ဧရိယာပေါ်တွင်သက်နေရောက်နေလျှင် ဖိအား a square inch of area, or PSI ဟုခေါ်သည်။ အရပ်သုံးစကားအရ "လေပေါင်တစ်ပေါင်" အားဟုပြောဆိုလေ့ရှိသည်။

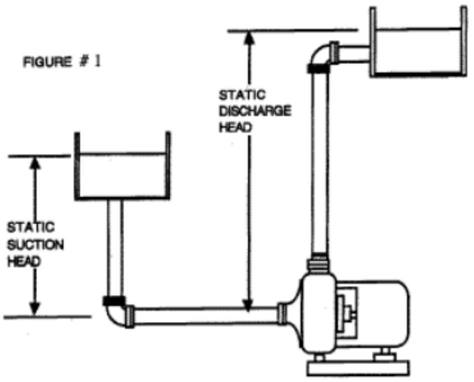
သို့သော် 1 PSI ကို (ft of water) နှင့်ဖော်ပြမည် ဆိုလျှင်

$$\boldsymbol{Head\ (feet\ of\ water)\ =\ PSI\ x\ 2.31}$$

70 feet head ကို ပို့ပေးနိုင်သည့် Pump သည် ထို Pump အဝင်နှင့်အထွက်အကြားရှိ (differential pressure across the pump) ကိုတိုင်းကြည့်လျှင် 30 PSI.

Pump manufacturer များက တစ်ညီတညွတ်တည်း "head" ဟုသည့် ဝေါဟာရကိုအသုံးပြုကြသည်။ "head" များကို တိုင်းတာသည့် အခါ center line of the pump မှ တဆင့် highest liquid level အထိ တိုင်းတာ လေ့ရှိသည်။





pump၏ suction ဘက်နှင့် discharge ဘက်တို့၌ရှိသောပိုက်၏ resistance ၊ fittings နှင့် valves တို့ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသော Head ကို friction head ဟုခေါ်သည်။
ရေမျက်နှာပြင်ပေါ်တွင်သက်ရောက်နေသည့်လေထုဖိအား (atmospheric pressure) ကို " surface pressure head"ဟုခေါ်သည်။

Static discharge head ထဲမှ the Static suction head ကို နုတ်လျှင် Static Head ကို ရသည်။

$$System\ head = total\ discharge\ head - total\ suction\ head$$

(တစ်ခါတစ်ရံ Static ဆိုသည့် စကားလုံးကို friction head မပါဝင်ပါ ဟုသိသာစေရန် ထည့်သုံးသည်။)

$$H = hd - hs$$

The total discharge head is made from three separate heads:

$$hd = hsd + hpd + hfd$$

hd = total discharge head

hsd = discharge static head (discharge ဘက်တွင်ရှိသော Elevation ကြောင့်ဖြစ်သည့် static head)

hpd = discharge surface pressure head (Open System များတွင် atmospheric pressure ကို ဆိုလိုသည်။)

hfd = discharge friction head (fluid စီးဆင်းမှုကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသော Pressure losses များ)

Total suction head တွင် head ၃ မျိုးပါဝင်သည်။

$$hs = hss + hps - hfs$$

hs = total suction head

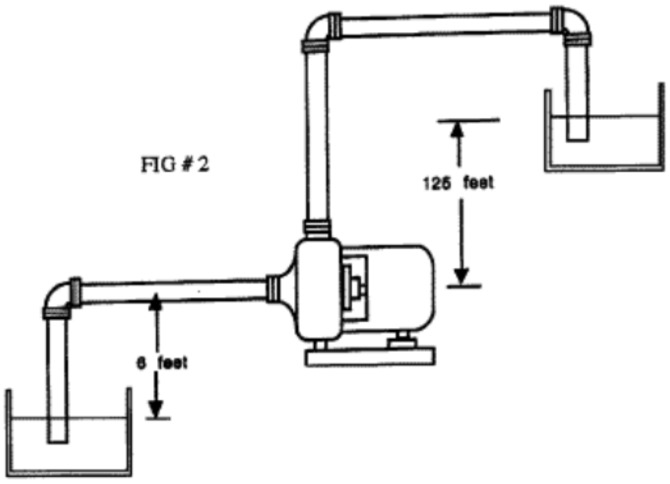
hss = suction static head (suction ဘက်တွင်ရှိသော Elevation ကြောင့်ဖြစ်သည့် static head)

hps = suction surface pressure head (Open System များတွင် atmospheric pressure ကို ဆိုလိုသည်။)

hfs = suction friction head (fluid စီးဆင်းမှုကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသော Pressure losses များ)

"feet of liquid gauge" သို့မဟုတ် "feet of liquid absolute" ယူနစ်များ အတိုင်း တွက်ချက်မှုများပြုလုပ်နိုင်သည်။ "absolute ဆိုသည်မှာ gauge reading တွင် atmospheric pressure (head) ကို ထည့်ပေါင်းထားခြင်းဖြစ်သည်။

ဤဥပမာသည် Opened System ဖြစ်သည်။ ACMV system များတွင် Cooling Tower သို့ Condenser Water pump ကို တွက်ပုံမျိုး နှင့်ဆင်တူသည်။ ဤဥပမာ တွင် suction head သည် အနှုတ် (negative) တန်ဘိုးဖြစ်ပြီး Condenser Water pump တွင် suction head သည် အပေါင်းတန်ဘိုးဖြစ်သည်။



Total suction head ကိုစတင်တွက်ယူရန်

(၁) suction head သည် အနှုတ် (negative) တန်ဘိုးဖြစ်သည်။ suction tank ၏ ရေအမြင့် (liquid level) သည် centerline of the pump ထက်နိမ့်နေသည်။

hss = - 6 feet (ပန့်တည်ရှိသည့်နေရာကို Elevation = 0 ft ဟုယူ၍တွက်ချက်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ အနုတ် သင်္ကေတမှ စုပ်ယူရမည့် Fluid ၏ Elevation သည် Pump ထက် ပိုမိုနိမ့်သည့်နေရာတွင် ရှိသည့် ဟုဆိုလိုသည်။)

(၂) suction tank သည် အပွင့်(Open) ပုံစံဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် suction surface pressure သည် atmospheric pressure နှင့် ညီသည်။

hps = 0 feet gauge (atmospheric pressure သည် suction ဘက်နှင့် discharge ဘက်တွင် မှာပါ သက်ရောက်နေသည်။ထို့ကြောင့် မည့်သည့်တန်ဘိုးထည့်တွက်သည်ဖြစ်စေ ကျေသွားလိမ့်မည်။)

(၃) suction friction head တွက်ယူရန်,

(ဤစာမျက်နှာတွင် the suction friction head ကို မည့်သို့တွက်ချက်သည် မဖော်ပြပါ။ 4 feet ဟုယူဆ၍တွက်သည်။)

hfs = 4 feet at rated flow (friction loss calculation မှ ရရှိသည်။ friction loss calculation တွက်နည်းကို နောက် စာမျက်နှာများတွင်ဖော်ပြမည်)

4. The total suction head သည် a gauge တန်ဘိုးဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော်atmosphere Pressuer ကို 0 အဖြစ်တွက်ချက်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။

hs = hss + hps - hfs = -6 + 0 - 4 = -10 feet of liquid gauge at rated flow

Total discharge head တွက်ရန်

(၁) static discharge head သည်

hsd = 125 feet (ပန့်တည်ရှိသည့်နေရာကို Elevation = 0 ft ဟုယူ၍တွက်ချက်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။)

(၂) discharge tank သည် အပွင့်(Open) ပုံစံဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် suction surface pressure သည် atmospheric pressure နှင့် ညီသည်။

$$hpd = 0\, feet, gauge$$

(၃) discharge friction head ကို ၂၅ feet ဟုယူဆ၍တွက်သည်။discharge friction head သည် pipe အတွင်းတွင်ရှိသော Fluid Velocity နှင့် Fitting အရေအတွက်တို့ပေါ်တွင်မူတည်သည်။

hfd = 25 feet (သတ်မှတ်ထားသော စီးနှုန်း၌- at rated flow)

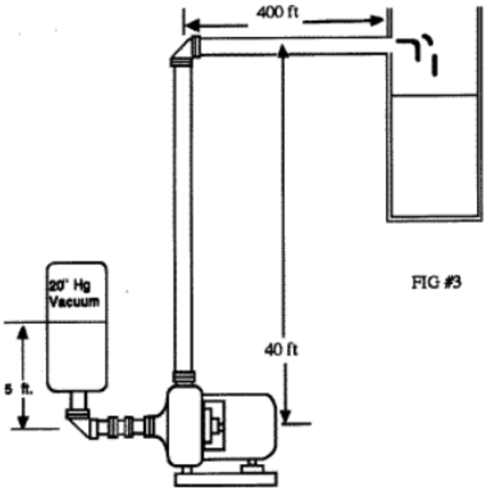
(4) Total discharge head သည်

hd = hsd + hpd + hfd = 125 + 0 + 25 = 150 feet of liquid gauge at rated flow

Total system head သည်

H = hd - hs = 150 - (-10) = 160 feet of liquid at rated flow

Note: did you notice that when we subtracted a minus number (-10) from a positive number (150) we ended up with a positive 160.



Vacuum application နှင့်သက်ဆိုင်သော ဥပမာ ကို ဆက်လက်တွက်ချက်ပါမည်။ Pipe friction တန်ဘိုးများကို Hydraulic Institute Engineering Data Book မှ ရယူရန်ဖြစ်သည်။
http://www.mcnallyinstitute.com/Charts/friction_6.html

Specifications:
(၁) အက်စစ်ပျော့များထည့်ထားသည် အလုံပိတ်ကန်မှ တစ်မိနစ်လျှင် အက်စစ် ဂါလံ 1000 တွန်းပို့ရန်ဖြစ်သည်။
(၂) Specific Gravity - 0.98 (ထည့်ထားသော အက်စစ် ၏ သိပ်သည်းဆ Specific Gravity မှ 0.98 ဖြစ်သည်။)
(၃) Viscosity - equal to water (ပျစ်စေးမှု Viscosity သည် ရေ၏ ပျစ်စေးမှု Viscosity နှင့်တူညီသည်။)
(၄)Piping - All 6" Schedule 40 steel pipe - ပိုက်အမျိုးအစားများမှာ Schedule 40 အဆင့်ရှိသော steel pipe များဖြစ်သည်။
(၅) Discharge ပိုက်သည် ပန့်နှင့်မော်တာ မှ အထက် ပေ ၄၀ အမြင့်တွင်ရှိသည်။ ထိုနောက် လှောင်ကန်သို့ရောက်ရန် ရေပြင်ညီအတိုင်း ပေ 400 အရှည်ရှိသည်။ 90° flanged elbow တပ်ဆင်ထားသည်။
(၆) Suction ပိုက်တွင် a square edge inlet, four feet of pipe, one gate valve, နှင့် one 90° flanged elbowတပ်ဆင်ထားပြီး ပိုက် diameter မှာ ၆ လက်မဖြစ်သည်။
(၇) vacuum receiver ၏ အနိမ့်ဆုံး level သည် pump centerline ထက် ၅ ပေပိုမြင့်သည်။
(၈) Vacuum လှောင်ကန်ထဲတွင်ရှိသော pressure မှာ 20 inches of mercury, vacuum ဖြစ်သည်။
အောက်ပါ ပုံသေနည်းများကို အသုံးပြု၍ suction surface pressure ကိုတွက်:

- inches of mercury x 1.133/ specific gravity = feet of liquid
- pounds per square inch x 2.31/specific gravity = feet of liquid
- Millimeters of mercury / (22.4 x specific gravity) = feet of liquid

system ကို pump နေရာ မှ နှစ်ပိုင်း ပိုင်း၍ တွက်ချက်ပါမည်။

Total suction head ကိုတွက်ရန်
(၁) The suction side of the system shows a minimum static head of 5 feet above suction centerline. Therefore, the static suction head is:

h_{ss} = 5 feet

(၂) Using the first conversion formula, the suction surface pressure is:

h_{ps} = -20 Hg x 1.133/ 0.98 = -23.12 feet gauge

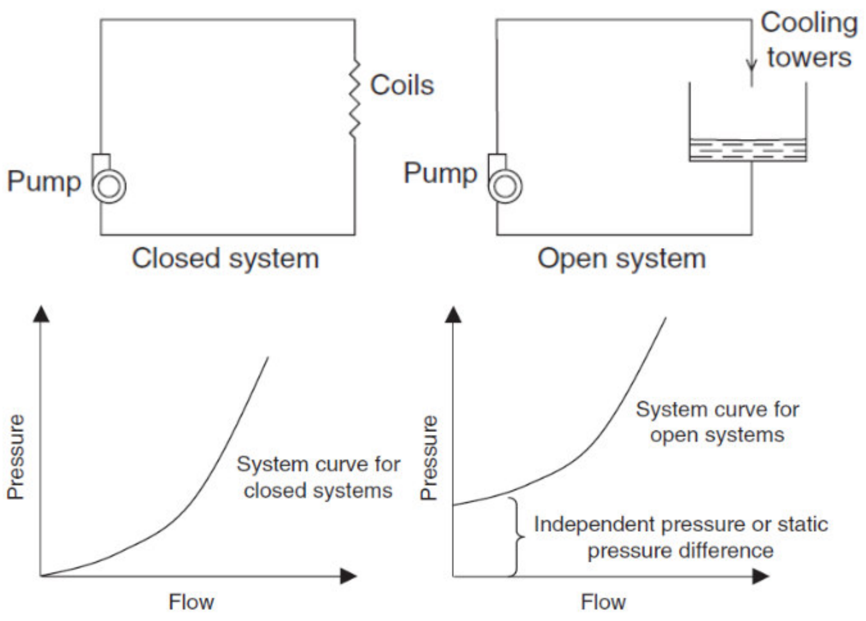
(၃) The suction friction head, hfs, equals the sum of all the friction losses in the suction line.
Friction loss in 6" pipe at 1000 gpm from table 15 of the Hydraulic Institute Engineering Data Book, is 6.17 feet per 100 feet of pipe.
in 4 feet of pipe friction loss = 4/100 x 6.17 = 0.3 feet
Friction loss coefficients (K factors) for the inlet, elbow and valve can be added together and multiplied by the velocity head:

FITTING	K	FROM TABLE
6" Square edge inlet	0.50	32 (a)
6" 90 flanged elbow	0.29	32 (a)
6" Gate valve	0.11	32 (b)

Total coefficient, K = 0.90
Total friction loss on the suction side is:
hfs = 0.3 + 1.7 = 2.0 feet at 1000 gpm.
(၄) The total suction head then becomes:
hs = hss + hps - hfs = 5 + (-23.12) - 2.0 = -20.12 feet, gauge at 1000 gpm.
Total discharge head calculation

(၁) Static discharge head = hsd = 40 feet
(၂) Discharge surface pressure = hpd = 0 feet gauge
(၃) Discharge friction head = hfd = sum of the following losses :

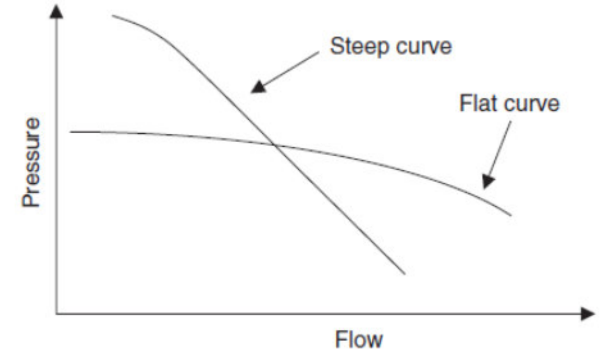
Friction loss in 6" pipe at 1000 gpm. from table 15, is 6.17 feet per hundred feet of pipe.
In 440 feet of pipe the friction loss = 440/100 x 6.17 = 27.2 feet
Friction loss in 6" elbow:
from table 32 (a), K = 0,29
from table 15, V2/2g = 1.92 at 1000 gpm.
Friction loss = K V2/2g = 0.29 x 1.92 = 0.6 feet
The friction loss in the sudden enlargement at the end of the discharge line is called the exit loss. In systems of this type where the area of the discharge tank is very large in comparison to the area of the discharge pipe, the loss equals V2/2g, as shown in table 32 (b).
Friction loss at exit = V2/2g = 1.9 feet
The discharge friction head is the sum of the above losses, that is:
hfd = 27.2 + 0.6 + 1.9 = 29.7 feet at 1000 gpm.
4. The total discharge head then becomes:
hd = hsd + hpd + hfd = 40 + 0 + 29.7 = 69.7 feet, gauge at 1000 gpm.
c. Total system head calculation:
H = hd - hs = 69.7 - (-20.2) = 89.9 feet at 1000 gpm.



Closed System Curves **Open Systems Curves**

၁၁.၆ Pump Curves

pump curve ဆိုသည်မှာ flow rate နှင့် pressure တို့၏ ဆက်သွယ်ချက်ကို ဂရပ်ပုံစံ ဖြင့် ဖော်ပြထားခြင်းဖြစ်သည်။ pump curve သည် ပန့်၏ ကွဲပြားသော operating points (flow နည်းနည်း နှင့် Pressure Head များများ (သို့) flow များများနှင့် Pressure Head နည်းနည်း) ကို ဖော်ပြထားသည်။ Zeor Flow မှ စတင်၍ Full flow အထိ သက်ဆိုင်သည့် Pressure Head များနှင့်တွဲ၍ဖော်ပြထားသည်။ pump curve သည် flow rate နှင့် pressure တို့အပြင် pump power နှင့် operating efficiency တို့၏ ဆက်စပ်မှုများ ကိုလည်းသိရှိနိုင်သည်။ Pump curves ကို ပန့်ထုပ်လုပ်သူများ (pump manufacturers) ထံမှ ရယူနိုင်သည်။

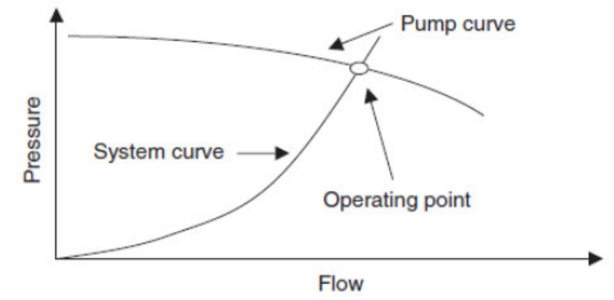


Flat and steep pump characteristics.

Pump curves များတွင် flat curves (သို့) steep curves ဟူ၍ ၂ မျိုး ကွဲပြားသည်။ Flat curves ကိုပိုင်ဆိုင်သောပန့်များသည် flow ပမာဏ များစွာပြောင်းလဲသည့်တိုင်အောင် Pressure သည် မပြောပလောက်သည့် ပမာဏအနည်းငယ်သာပြောင်းလဲသည်။ ထို့ကြောင့် flat curves ကို ပိုင်ဆိုင်သော ပန့်များသည် closed systems with modulating 2-way control valves များအတွက် အလွန် သင့်လျော်သည်။ တနည်း Chiller Water pump (closed system pump) များ အဖြစ်အလွန်သင့်လျော်သည်။ AHU နှင့် FCU များတွင်တပ်ဆင်ထားသော modulating 2-way control valves သည် Building Cooling Load ပေါ်တွင်မူတည်၍ လိုအပ်သလို လိုအပ်သည့် % အတိုင်း အဖွင့်အပိတ်ပြုလုပ်ကြသည်။

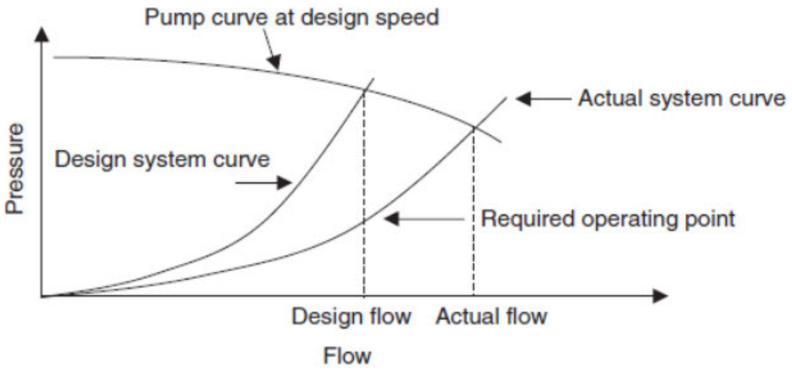
ထို့ကြောင့် Chiller Water Flow သည် ပြောင်းလဲသေည်။ သို့သော် Pressure လိုအပ်မှုက ပြောင်းလဲမှုအလွန်နည်းသည်။ ထို့ကြောင့် flat curves ပန့် သည် အသင့်လျော်ဆုံးဖြစ်သည်။ steep curves ကိုပိုင်ဆိုင်သောပန့်များသည် flow ပမာဏ ၏ပြောင်းလဲမှုအတိုင်း Pressure သည်လိုက်၍ ပြောင်းလဲသည်။ Pressure ပမာဏ သည် လည်း flow ပြောင်းလဲသည်အတိုင်းလိုက်ပြောင်းလဲသည်။

ထို့ကြောင့်steep curves ကိုပိုင်ဆိုင်သောပန့်များသည် constant flow applications such as condenser water systems serving cooling towers များအတွက်အလွန်သင့်လျော်သည်။ တနည်း steep curves ပန့်များသည် Condenser Water pump (Opened system pump) များ အဖြစ်အလွန်သင့်လျော်သည်။



System and pump curve for a pumping system

System Reistance Curve နှင့် Pump Curve ဖြတ်သည့် intersection ကို Operating point ဟုခေါ်သည်။ system ၏ အခြေအနေ အမျိုးမျိုးသော resistances များကို ကျော်လွှားနိုင်အောင် နှင့် လိုအပ်သော ဒီဇိုင်း flow ကို ရရှိအောင် Pumps များကို ရွေးချယ်ကြသည်။ Friction losses တန်ဘိုးများ ရရှိရန် အတွက် piping ၊ Fitting ၊ Valve ၊ equipment pressure တို့၏ losses အမျိုးမျိုးကို specification နှင့် research data ကို အခြေခံကာestimate လုပ်ကြသည်။ သို့သော်ထို estimated တန်ဘိုးများ ၏ မသေချာမှု (uncertainty) နှင့် တပ်ဆင်သည့်အချိန် (during installation)သို့ Construction Stage တို့တွင် ပြောင်းလဲမှုများသေချာပေါက်ရှိနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် safety factors (အမှန် တွက်ချက်မှုမှ ရရှိသော တန်ဘိုး၏ 10% မှ 50% အထိ) များကို ထည့်သွင်းခဲ့ကြသည်။ ထို့ကြောင့် ပန့်များသည် အမှန်တကယ်လိုအပ်သည်ထက် များစွာကြီးများသော (over sized) အရွယ်အစားများ ဖြစ်ကုန်ကြသည်။



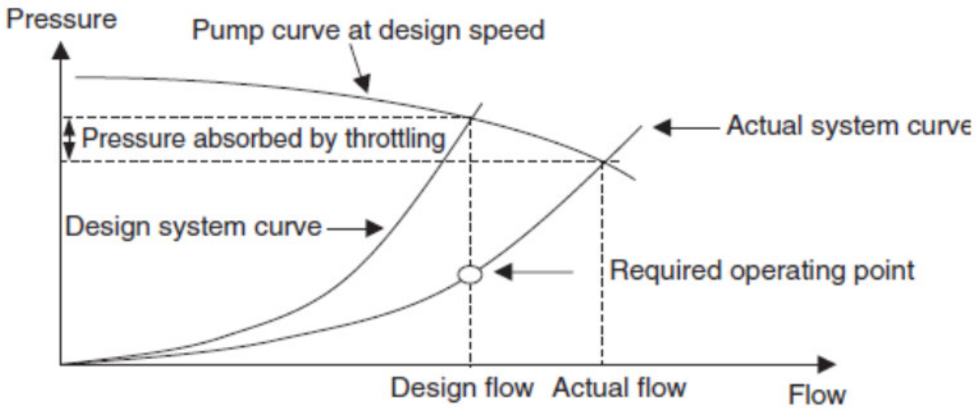
Over sized pump for application.

ပုံတွင်ပြထားသော design system curve တွင် high safety factor တို့ကိုထည့်သွင်းတွက်ချက်ခဲ့သည့် system curve ဖြစ်သည်။ ထို design system curve အခြေခံကာ pump ကို ရွေးချယ်ခဲ့ကြသည်။ ထိုရွေးချယ်လိုက်သည့်ပန့် မှ pump curve သည် design system curve နှင့် ဖြတ်ကာ design operating point ကို ရရှိသည်။ သို့သော် the design system curve တွင် high safety factor ရှိသောကြောင့် actual system curve သည် design operating point ၏ အလွန်ဝေးကွာသော နေရာတွင် actual operating point ကိုဖြစ်ပေါ်စေသည်။ actual operating point သည် လိုအပ်သည့် ဒီဇိုင်း Flow Rate ထက် အလွန်များသော Flow Rate ကို ဖြစ်ပေါ်စေသည်။

pumping power သည် flow rate ၃ ထပ်နှင့် (the cube of the flow rate) တိုက်ရိုက်အချိုးကျသည်။လိုအပ်သော flow rate ထက် ၂၀% ပိုများခြင်းသည် တကယ်သုံးစွဲရမည့် pumping power ထက် ၅၀% သုံးစွဲလိုက်ခြင်းဖြစ်သည်။ chilled water တွင် overpumping ပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် chillers သည့်သတ်မှတ်ထားသည် chilled water supply temperature ကို ရောက်အောင်မပြုလုပ်နိုင်တော့ပေ။ chilled water supply temperature မြင့်တက်လာသောကြောင့် AHU, FCU နှင့် Terminal Unit များတွင် ရေငွေ့ဖယ်ထုပ်နိုင်စွမ်း (moisture removal ability) လည်းကျဆင်းလာသည်။

လိုအပ်သည်ထက်ကြီးမားသောပန့်ကို (oversized pumps)တပ်ဆင်ထားသည့် System တိုင်းတွင် အကျိုး ၂ မျိုးဖြစ်နိုင်သည်။

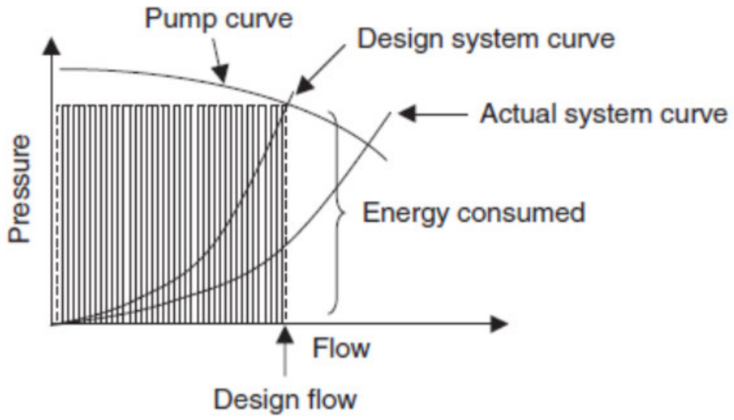
က) System များသည် လိုအပ်သည့် ထက်ပိုသည့် flow rates များနှင့် လည်ပတ်နေကြသည်။
ခ) လိုအပ်သည် flow rates ကို ရရှိရန် throttling valve များကို ထည့်၍ pressure loss ကို artificially create လုပ်ကြသည်။ globe valves သို့ balancing valves များကို ထည့် ၍ sufficient resistance သို့ရောက်အောင် ပြုလုပ်ကြသည်။ actual system curve ကို design system curve အနီး၏ design operating point သို့ရောက်အောင်ရွှေ့ ယူကြသည်။
ထိုသို့ပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် System ကောင်းမွန်စွာ လည်ပတ်နိုင်သော်လည်း energy-efficiency ဖြစ်သော System တစ်ခု မဖြစ်နိုင်ပါ။ higher pumping power consumption ကြောင့် စွမ်းအင်များဖြုန်းတီးရာ ရောက်သည်။



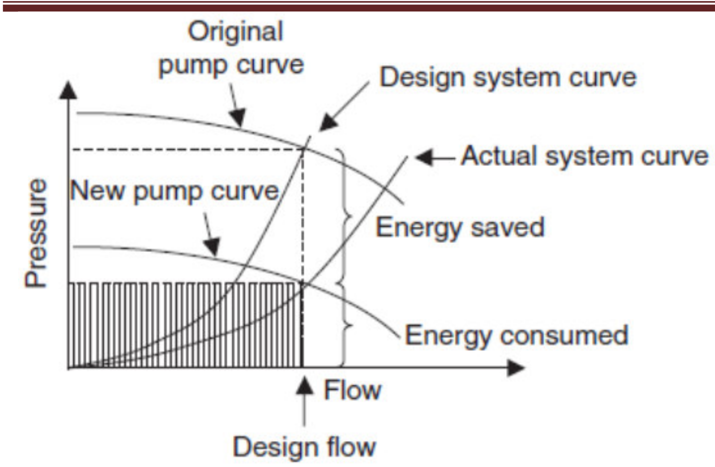
Oversized pump with throttling.

ထိုကဲ့သို့အခြေအနေမျိုးတွင် လိုအပ်သော ဒီဇိုင်း flow rate ကိုby reducing impeller diameter (trimming impeller) သို့ မဟုတ် reducing the speed of the pump (using a variable speed drive). Variable speed drive ကို variable frequency drives (VFDs) သို့ adjustable frequency drives (AFDs) ဟုလည်းခေါ်ဆိုကြသည်။
မော်တာ၏ အပတ်ရေ (rpm) ကို လျှော့ချခြင်းဖြင့် ဒီဇိုင်း flow rate ကိုရရှိနိုင်ပါသည်။ ထိုသို့ variable speed drive, VSD ကို အသုံးပြု ၍ ဒီဇိုင်း flow rate ရအောင်ပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် energy saving အကျိုးကို ရရှိနိုင်သည်။

VSD တပ်ဆင်ခြင်းကြောင့် နောင်တချိန် တွင် Higher Flow Rate ကို အလိုရှိပါက အလွယ်တကူရရှိနိုင်သည်။ trimming impeller ကြောင့်တူညီသော အကျိုးရလာဒ်ကို ရရှိ နိုင်သော်လည်း နောင်တချိန် တွင် Higher Flow Rate ကို အလိုရှိပါက ကြီးသည့် impeller ကို လည်တပ်ဆင်ရမည်ဖြစ်သည်။ trimming impeller သည် VSD တပ်ဆင်ခြင်း ထက် ကုန်ကျစရိတ်အလွန်သက်သာသည်။
လက်ရှိပန့်မှာ သက်တမ်းကုန်ချိန် သို့ အသစ်လဲရန်အချိန်ရောက်နေပါလျှင် correctly-sized new pump ကို လဲသည့်သည်။



Energy consumed by pump that is “throttled” to give the design flow.



Energy consumed by the same pump if impeller diameter or speed is reduced to give the design flow.

Chilled Water Pump နှင့် Condenser Water Pump တို့၏ Pumping Power Calculation
500 RT Chiller တစ်လုံး နှင် တွဲ၍ တပ်ဆင်မည့် Chilled Water Pump တစ်လုံး အတွက်လိုအပ်သော တွက်ချက်မှုများကို အောက်ပါတိုင်းပြုလုပ်နိုင်ပါသည်။
ပန့်တစ်လုံးအတွက်လိုအပ်သော impeller Power ကို တွက်ချက်ရန်အတွက် ပန့်၏ flow rate နှင့် Pump Head ကို သိရှိရန်လိုအပ်ပါသည်။ impeller Power ကိုတွက်ရန် SI Unit ဖော်မြူလာ နှင့် Imperial Unit ဖော်မြူလာ ဟု ၂ မျိုးကွဲပြားသည်။

500 RT Chiller တစ်လုံးနှင့်တွဲမောင်းမည့် ပန့်၏ flow rate ကို အောက်ပါအတိုင်း လွယ်ကူစွာ တွက်ချက်နိုင်ပါသည်။
က) 500RT Chiller အတွက် လိုအပ်သော Chilled Water လည်ပတ်နန်းမှာ ၁၂၀၀ ဂါလံ ပါ မီနစ်ဖြစ်သည်။
Required Chilled Water Flow Rate for 500RT Chiller = 500 RT x 2.4 USgpm per RT = 1200 USgpm
ခ) Pump Head ကို Friction Loss နှင့် Dynamic Loss တို့မှ တွက်ချက်ရယူနိုင်ပါသည်။ ဤဥပမာအတွက် Pump Head loss = 20 m of Water ယူဆတွက်ချက်မည်ဖြစ်သည်။

ပန့် တစ်လုံး အတွက်လိုအပ်သော စွမ်းအင်(power consumed) သည် ထိုပန့်၏ flow နှင့် pressure difference (discharge နှင့် suction pressure တို့၏ ခြားနားချက်) ပေါ်တွင်မူတည်သည်။

$$\boldsymbol{Pump\ Power}\ \&\ \frac{\boldsymbol{Liquid\ Flow\ Rate\ x\ Pressure\ Difference}}{\boldsymbol{Efficiency}}$$

Impeller Power Formula (SI ယူနစ်)

$$\boldsymbol{Pump\ impeller\ power\ (kW)} = \frac{\boldsymbol{Flow\ Rate\ (cu.meter\ per\ sec) x\ Pump\ Head\ (Pa\ )}}{\boldsymbol{1000\ x\ Efficiency}}$$

Pump impeller Power ကို ရရန်အတွက် Flow Rate (m3/s) နှင့် Pump Head (Pa or N/m2) မြှောက်ပြီး Efficiency စားရန်ဖြစ်သည်။ Pump impeller Power ကို kW unit ရရန်အတွက် 1000 ဖြင့်ထပ်စားခြင်းဖြစ်သည်။

သို့သော် SI Unit ဖော်မြူလာ တွင် ထည့်ရန် Pump Head ၏ ယူနစ်မှ Pa or N/m2 ဖြစ်သည်။ ထိုကြောင့် Pump Head loss 20 m of Water ကို Pa or N/m2 သို့ ပြောင်းရန်လိုအပ်သည်။
Pressure = Density of water (Kg/m3) x Gravity force (m/s2)x High of water (m)

$p = \rho g h$ ဖော်မြူလာ သည် Static Head ကို Pressure အဖြစ် ဖွဲ့ သော ဖော်မြူလာဖြစ်သည် ။

Density of water (Kg/m^3) x Gravity force (m/s^2)x High of water (m)
= 1000 x 9.8 x 20m = 196,000 Pa = 196 kPa

Chiller Water Flow Rate ကို လည်း USgpm မှ cubic meters per second သို့ပြောင်းရန်လိုအပ်သည်။
Chilled Water Flow Rate = 1200 USgpm (1200 USgpm = 0.0757 cubic meters per second)

$$\boldsymbol{Pump\ impeller\ power\ (kW) = \frac{0.0757\ x\ 196,000}{1000\ x\ .85}}$$

=17.46 kW

Pump ၏ Efficiency ကို ၈၅% ဟုယူဆတွက်ချက်မည်ဖြစ်သည်။
ထို့ကြောင့် 17.46 kW သည် Pump ၏ impeller တွင်လိုအပ်သော mechanical Power ဖြစ်သည်။

Impeller Power Formula (Imperial Unit)

IP unit အတွက် ပုံသေနည်းမှာ

$$\boldsymbol{Pump\ Break\ Power\ (HP) = \frac{Flow\ Rate\ (USgpm) x\ Pump\ Head\ (ft\ of\ water\ )}{3960\ x\ Efficiency}}$$

$$\boldsymbol{Pump\ Break\ Power\ (HP) = \frac{1200\ USgpm\ x\ 3.28\ ft\ of\ water}{3960\ x\ 0.85}}$$

= 23.39 HP = 17.45 kW

17.45 kW သည် impeller ကို လှည့်ရန်အတွက်လိုအပ်သော စက်မှုစွမ်းအား (Mechanical Power) ဖြစ်သည်။ ထို ပန့်၏ impeller ကို မော်တာ သို့ အင်ဂျင်ချိတ်ဆက်မောင်းနှင်နိုင်သည်။
ထိုသို့ချိတ်ဆက်မောင်းနှင်သည့်အခါ မော်တာမှ Mechanical Power ကို ပန့်၏ impeller သို့ရောက်ရန်အတွက် ဂီယာ သို့ Belt စသည့် Transmission System တစ်မျိုးမျိုးလိုအပ်သည်။ Transmission System ၏ Efficiency သည် 95% မှ 98% ဖြစ်နိုင်သည်။

$$\boldsymbol{Transmission\ Efficiency\ (95\%) = \frac{Output\ Pump\ power\ (17.45\ kW)}{Input\ Motor\ Power = (??\ kW)}}$$

ထို့ကြောင့် Motor Power သည် 18.36 kW ဖြစ်သောကြောင့် 18.7kW motor ကို တပ်ဆင်နိုင်သည်။ သို့သော် Safety factor ကြောင့်သော်၎င်း နောင်တွင် pump သို့ မော်တာ ၏ ယိုယွင်းမှုကြောင့် 18.36 kW ကို မရရှိနိုင်ဟုယူဆလျှင် 18.7kW motor ထက်တဆင့် ပိုကြီးမားသော 22kW motor ကို တပ်ဆင်နိုင်သည်။ 18.7kW motor ကို တပ်ဆင်ထားလျှင် loading factor မှာ 100% နီးပါးဖြစ်သည်။ (18.36 kW/18.7kW motor) 22.0 kW motor ကို တပ်ဆင်ထားလျှင် loading factor မှာ 83% နီးပါးဖြစ်သည်။ (18.36 kW/22.0kW motor)

မော်တာများအားလုံးတွင် Efficieny ဟုရှိသည်။ မော်တာ Efficieny ဆိုသည်မှာ မော်တာ၏ Output Mechanical power ကို Electrical input power စားထားခြင်းဖြစ်သည်။

မော်တာများ ၏ Standard Efficieny မှာ 88% မှ 92% တွင်းဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် အထက်ပါ 18.7kW motor (မော်တာ၏ output Mechanical power) အတွက်လိုအပ်သော Electrical input power မှာ 18.7kW / 0.88 = 21.25 kWe ဖြစ်သည်။

ပိုမိုရှင်းလင်စွာနားလည်နိုင်ရန် နောက်ဥပမာတစ်ခုကို ဆက်လက်လေ့လာကြည့်ပါ။

Chilled Water Primary Pump အဖြစ်သုံးထားသည့် Pump ဖြစ်ပါသည်။ ထိုကဲ့သို့ ပန့် နှစ်လုံးရှိပြီး Variable Speed Drive ဖြင့်တပ်ဆင်မောင်းနှင်ထားသည်ဟုဆိုလိုသည်။

Flow Rate မှာ 82 Liter per Second ဖြစ်သည်။ Pump Head မှာ 20m of Water ဖြစ်သည်။ pump Efficiency မှာ ၈၀% ဖြစ်ပြီး မော်တာ Efficiency မှာ 95% ဖြစ်သည်။ Transmission Efficiency ကို 100% ဖြစ်နိုင်သည်။ သို့မဟုတ် Transmission Efficiency ကို pump Efficiency အတွင်းတွင် ထည့်ပေါင်းထားသည် ဟုလည်းယူဆနိုင်သည်။

ဖော်မြူလာတွင် Flow Rate ကို Liter per Second အဖြစ်နှင့်အသုံးပြုထားသောကြောင့် ပိုင်းခြေတွင် 1000 နှင့် စားထားသည်။ နောက် 1000 ဖြင့်စားခြင်းမှာ kW အဖြစ် ဖွဲ့ လိုသောကြောင့်ဖြစ်သည်။

$p = \rho g h$ ဖော်မြူလာ သည် Static Head ကို Pressure အဖြစ် ဖွဲ့ သော ဖော်မြူလာဖြစ်သည် ။

ρ (rho) is the density of the fluid (i.e., the practical density of fresh water is 1000 kg/m3);
g is the acceleration due to gravity (approximately 9.81 m/s2 on earth's surface);
h is the height of the fluid column (in metres). Other units can be used if the rest of the units used in the equation are defined in a consistent way.
Density of water (Kg/m3) x Gravity force (m/s2)x High of water (m)= 1000 x 9.8 x 20m = 196,000 Pa

A-2(b) Chilled-water pump **(primary only):**

i. 2 nos. of operating primary chilled-water pump installed with VSD
ii. Water flow rate per pump at full load (Q) = 82 L/s
iii. Operating static head (h)= 20.5 m
iv. Pump efficiency (η_p) = 80%
v. Motor efficiency (η_m) = 95%

Power requirement of chilled-water pump at full load (kW) = $\dfrac{(Q)(\rho)(g)(h)}{(10^6)(\eta_p)(\eta_m)}$

where Q=water flow rate in L/s
ρ=density of water in kg/m^3
g=gravitational acceleration in m/s^2
h=static pressure head in m
η_p= pump efficiency
η_m=motor efficiency

Power requirement per pump (kW) = $\dfrac{(82)(1000)(9.81)(20.5)}{(10^6)(0.80)(0.95)}$ = 21.7 kW

Chilled Water Pump ကို ဥပမာအဖြစ်တွက်ချက်ပြထားခြင်းဖြစ်သည်။ Condneser Water Pump ကို လည်း ပုံစံတူတွက်ချက်နိုင်ပါသည်။

Fluid ၏ density များလျှင် Pump ၏ Power များများလိုပြီး Generated Pressure လည်း များသည်။ Fluid ၏ Density နည်းလျှင် Pump ၏ Power အနည်းငယ်သာလိုအပ်ပြီး Generated Pump လည်း နည်းသည်။

Pump ၏ Shaft Power ပုံသေနည်းမှာ

$$\text{Pump Shaft Power} = \frac{QHr}{532\,\eta}\ \text{(kW)}$$

$$\text{Pump Shaft Power} = \frac{QHr}{102\,\eta}\ \text{(kW) SI Unit}$$

Where, Q = Volume flow rate GPM (l/s)
H = Total developed head (TDH) ft(m)
η = Efficiency factor

Air Con ဘာသာရပ်တွင် ပိုအသုံးများသည့် ပုံသေနည်းမှာ

$$\text{(HP) Pump Shaft Power} = \frac{\text{GPM x H x S.g}}{3960}$$

Where, Flow rate = GPM
H = Total Pump Head, ft of Liquid

S.g = Specific Gravity of Liquid (S.g = 1 for liquid)

Liquid တစ်ခုကို Specified ပြုလုပ်ရန်အတွက် Volume metric flow rate ကိုသာသုံးသည်။ Mass flow rate ကို အသုံးမပြုပါ။ Total developed head အတွက် height of fluid column ကိုသာ အသုံးပြုသည်။ Pressure ကို အသုံးမပြုပါ။ Density (သို့) Specific Gravity ကို ထို Pump မောင်းမည့် fluid condition ၏ အပူချိန်မှ density ဖြင့် တွက်ရန်။

ဥပမာ။ ပုံတွင် ပြထားသည့် Pump Curve မှ အင်ဂျင်နီယာတစ်ယောက်သည် 1750 rpm ဖြင့် 120 GPM flow rate ရရန် မောင်းလျှင် ထိုအချိန်၌ Head မည်မျှဖြစ်မည်နည်း။ Power (BHP) နှင့် Efficiency ကိုရှာပါ။

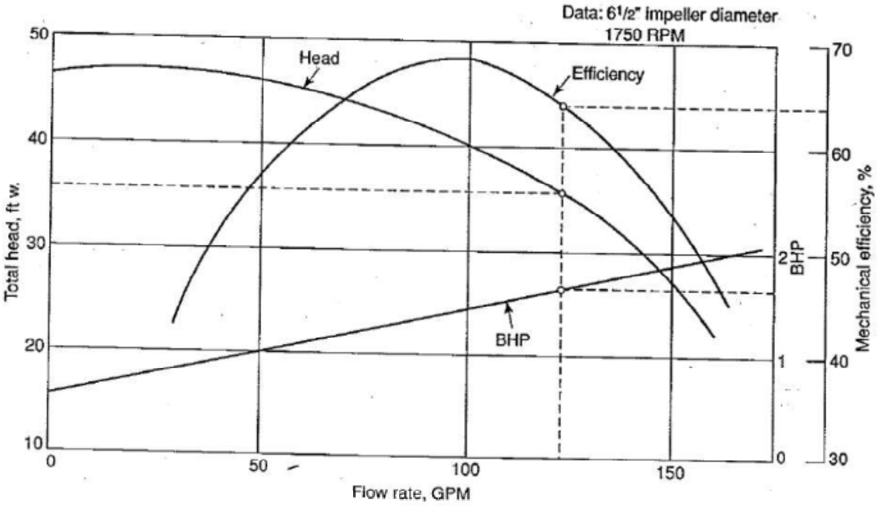
X axis သည် Flow rate (GPM) ကိုဖော်ပြပြီး Y axis သည် Head ကို ဖော်ပြသည်။

120 GPM မှ ဒေါင်လိုက်မျဉ်း (Vertical Line) တစ်ကြောင်းဆွဲလျှင် BHP Line , Head Curve နှင့် Efficiency Curve တို့ကို ဖြတ်သွားသည်။

BHP ဖြတ်မှတ်မှ 1.6 HP ကိုရသည်။

Head ဖြတ်မှတ်မှ 35.5 ft ကို ရသည်။

Efficiency ဖြတ်မှတ်မှ 64% ကိုရသည်။



Performance Curve for a 6 1/2" pump at 1750RPM.

Curve (A) သည် reservoir တစ်ခုမှ မြင့်သည့်နေရာတွင်ရှိသော အခြား reservoir တစ်ခုသို့ မောင်းသည့် system curve ဖြစ်သည်။ များသောအားဖြင့် ကြီးသည့် pipe diameter ကို အသုံးပြုထားသောကြောင့် friction loss မှာ constant ဖြစ်သည်။ friction ငယ်လွန်းသောကြောင့် lift (high) သည် Head loss ဖြစ်သည်။

Curve (B) သည် Closed loop hedonic system ၏ Curve ဖြစ်သည်။ Closed loop ဖြစ်သောကြောင့် pipe friction loss သာရှိသည်။ Head loss သည် flow rate ၏ နှစ်ထပ်ကိန်းနှင့် ညီမျှသည်။ Chilled Water System သည် closed loop ဖြစ်သည်။

Curve (C) သည် Opened loop hedonic system curve ဖြစ်သည်။ Condenser Water system သည် Open loop ဖြစ်သည်။ Total head loss သည် pipe friction loss နှင့် Static loss (lift) နှစ်ခုပေါင်းထားခြင်းဖြစ်သည်။

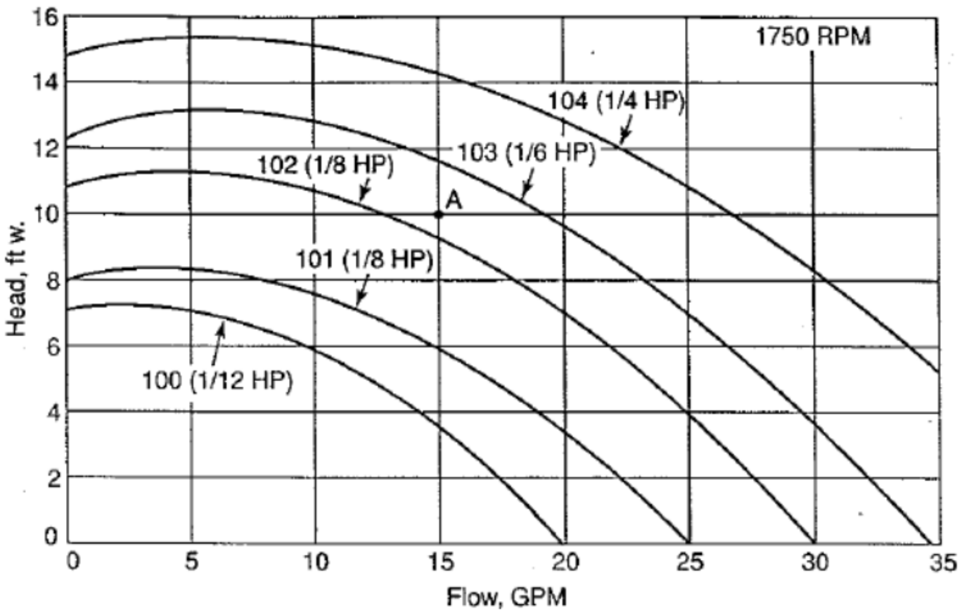
System Curve နှင့် Pump Curve ၏ intersection point သည် Operating Point ဖြစ်သည်။ အချို့စာအုပ်များတွင် Duty Point ဟုလည်း ရေးသားကြသည်။

၁၁.၇ Pump Selection

Pump တစ်လုံး၏ Performance ကို Pump Curve မှ ကြည့်၍ ခန့်မှန်းခြင်းဖြစ်သည်။ (Determine) လုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ System တစ်ခုအတွက် လိုအပ်သည့် Pump ကိုရွေးချယ်မည်ဆိုလျှင် System ၏ လိုအပ်သော flow rate သည် Pump ၏ flow rate ဖြစ်သည်။ (Pump တစ်လုံးတည်းသာ မောင်းရန်လိုအပ်သည့် System အတွက်)။ Pump ၏ Head သည် System Pressure loss နှင့်ညီရမည်။

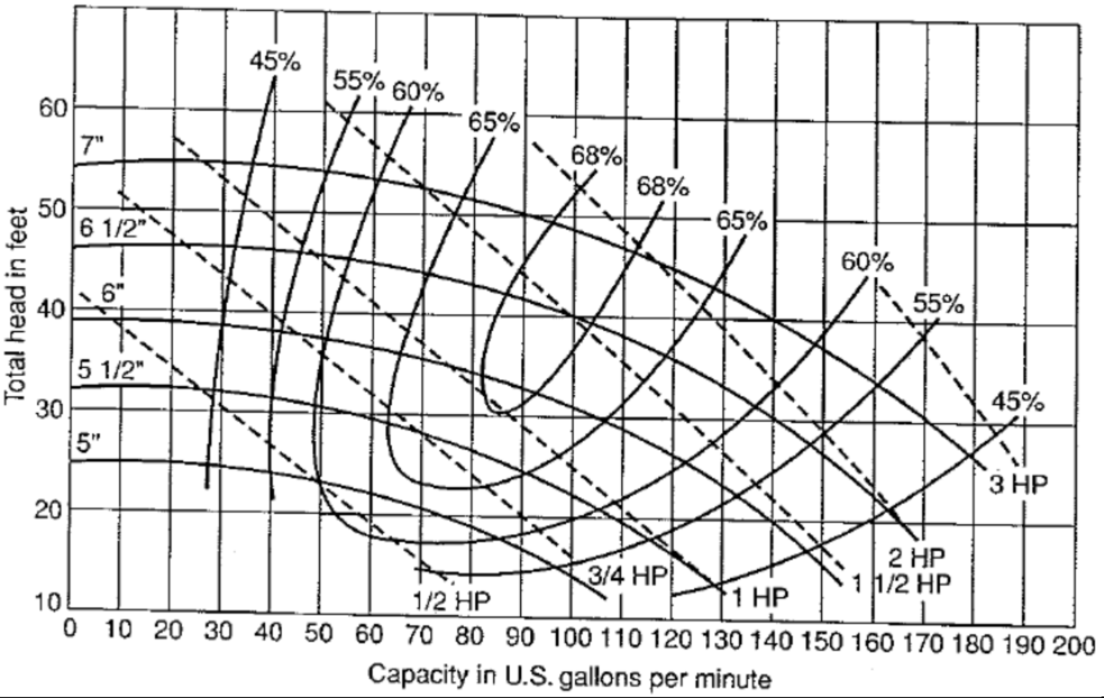
ဥပမာ။ ပုံတွင်ပြထားသည့် Pump Curve များမှ flow rate 15 GPM နှင့် 10 ft water pressure loss ရှိသော System တစ်ခုအတွက် အသင့်လျော်ဆုံးသော Pump တစ်ခုကို ရွေးချယ်ပါ။

ပေးထားသည့် flow rate 15 GPM (X axis) နှင့် Head (Y axis)10 ft မှ Point A locate လုပ်၍ ရနိုင်သည်။ ရွေးချယ်နိုင်သည့် အငယ်ဆုံး Pump မှာ 103 ဖြစ်သည်။ 103 Pump သည် flow rate 15 GPM ပေးနိုင်သည့် အချိန်တွင် 11.5 ft Head ကိုလည်းပေးနိုင်သည်။ လိုအပ်သည့် Pressure loss 10 ft ထက်ပိုသည်။



Performance curvers for a group of small in-line pumps.

Pump 102 သည် required flow 15 GPM ပေးသည့်အချိန်တွင် 9.3 ft Head ကိုသာ ပေးနိုင်သည်။ 102 Pump ကိုရွေးချယ်ရန် မဖြစ်နိုင်။ 104 Pump သည် လိုအပ်သည်ထက် ပိုကြီးသော Pump ဖြစ်သည်။ Over sized Pump ဟုခေါ်သည်။ ကြီးသည့် Pump ကို Valve များကို throttling လုပ်ခြင်းဖြင့် (artificial resistance ဖြစ်အောင်လုပ်ခြင်း) လိုအပ်သော flow rate ကို ရရှိကာ အသုံးပြုနိုင်သည်။ သို့သော အကုန်အကျများပြီး Energy ဖြုန်းတီးရာရောက်သည်။



Performance curvers for a group of pumps with impeller sizes ranging from 5" to 7" in at 1750RPM.

Pump ရွေးချယ်ရာတွင် သတိပြုရမည့် အချက်များမှာ

Pump ၏ operating point ကို maximum efficiency ရှိသည့်နေရာတွင် ရွေးချယ်ရန်။

Pump ၏ Operating point ကို Pump Curve ၏ အလယ်နားသို့ Pump Curve ၏ အလယ် သုံးပုံ နှစ်ပုံ နေရာတွင် ရှိနေစေရန်။

Hydonic System များအတွက် Pump များ၏ rpm ကို

1750 rpm(60 Hz electrical supply သုံးသည့် နိုင်ငံများအတွက်) နှင့်

1450 rpm(50 Hz electrical supply သုံးသည့် နိုင်ငံများအတွက်) ရွေးချယ်ရန်။

သေးငယ်သော Pump များအတွက် 3500 rpm ကိုရွေးချယ်နိုင်သော်လည်း မောင်းသည့်အခါ အလွန်ဆူညံသံကို ဖြစ်ပေါ်စေသည်။

Pump တစ်လုံးကို maximum capacity ၏ အနီးတွင် ရွေးချယ်ခြင်းမျိုးကို ရှောင်ကြဉ်ပါ။ Maximum flow ၏ 50-75% အတွင်းတွင် သာ ရွေးချယ်ခြင်းကို အင်ဂျင်နီယာ အများစု လုပ်လေ့ရှိကြသည်။

Centrifugal Pump များ၏ Curve များသည် ဒီဇိုင်းပေါ်တွင်မူတည်၍ Steep Curve များလည်း ဖြစ်နိုင်သည်။ Flat Curve များလည်း ဖြစ်နိုင်သည်။ Hedonic System များအတွက် flat curve pump များကို အသုံးများသည်။

Flat Curve Pump များ၏ ကောင်းသော အချက်မှာ flow rate နည်းခြင်းများခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော Head ၏ပြောင်းလဲမှုမှာ အနည်းငယ်သာ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် Balancing ပြုလုပ်ရာတွင် လိုအပ်သည့် flow ရရန် Control ပြုလုပ်ရာတွင် အလွန်လွယ်ကူသည်။

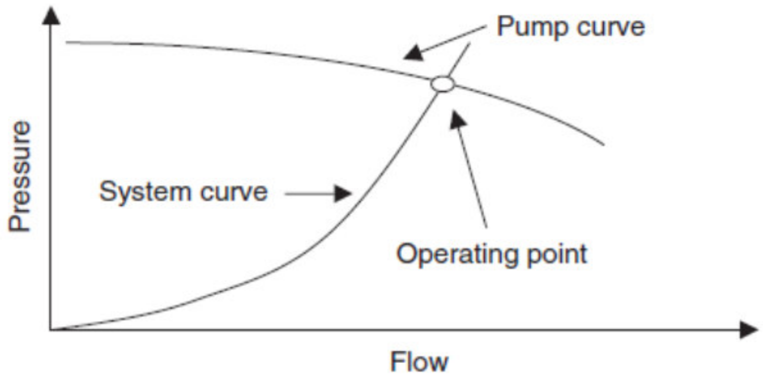
Steep Curve Pump များကို Pressure Resistance သည် အချိန်ကို လိုက်၍ တဖြည်းဖြည်းတိုးလာသော System များတွင် Constant flow ရရန်အတွက် အသုံးပြုသည်။ Cooling tower ၏ condenser circuit သည် နှစ်ကြာလာသည်နှင့်အမျှ ပိုက်၏ အတွင်း မျက်နှာပြင်ကြမ်းလာသောကြောင့် Frictional resistance တိုးလာသည်။ ထိုကဲ့သို့ System အတွက် Steep Curve Pump သည် အသင့်လျော်ဆုံးဖြစ်သည်။

Air-conditioning systems တွင် Chilled Water Circut and condenser water Circuit များအတွက် ပန့်များလိုအပ်သည်။ chilled water and hot water (heating) systems များတွင်, ပန့်များကို

chilled water and hot water များလည်ပတ်ရန်အတွက် အသုံးပြုသည်။ Chiller Water ကို Chiller အတွင်းမှ AHUများနှင့် FCU များသို့ရောက်အောင်၊ ထိုမှတဆင့် cooling Coil များကိုဖြတ်ကာ Chiller ဆီသို့ပြန်ရောက်ရန် အတွက် ပန့်များက တွန်းပို့ပေးရသည်။ Chilled Water Circut ကို Closed System ဟုခေါ်သည်။

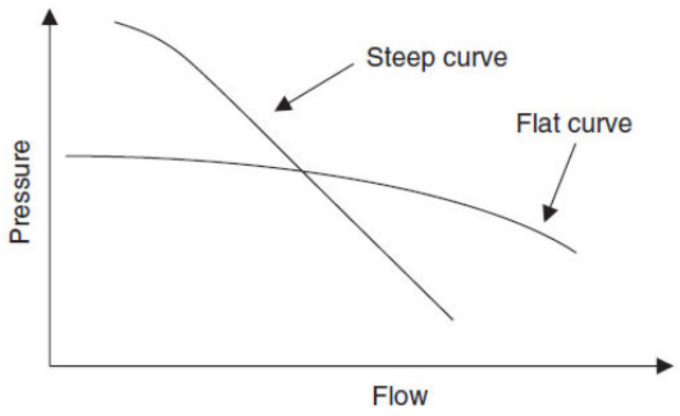
ထိုနည်းတူစွာပင် condenser cooling systems တွင် Condenser Water Pump များသည် Condenser Water ကို Chiller အတွင်းမှ Cooling Tower များသို့ရောက်အောင်၊ ထိုမှတဆင့် in-fill များကိုဖြတ်ကာ Chiller ဆီသို့ပြန်ရောက်ရန် အတွက် ပန့်များက တွန်းပို့ပေးရသည်။ condenser Water Circut ကို Opened System ဟုခေါ်သည်။

Pumping system တိုင်းတွင် ကွဲပြားသော unique pipe sizing, pipe length, and fitting များကြောင့် ကိုယ်ပိုင် system curve ကိုယ်စီရှိကြသည်။ pumping system အတွင်းတွင်ရှိသော components (pipe length ဖြစ်စေ Valve, Elbow စသော fitting တစ်ခုခု) ပြောင်းလဲ လျှင် system curve သည်လည်းပြောင်းလဲသွားလိမ့်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် စီးဆင်းခြင်းကို ခုခံမှု (flow resistances) ပြောင်းလဲသွားသောကြောင့်ဖြစ်သည်။



System and pump curve for a pumping system

Pump curve ဆိုသည်မှာ flow rate and developed pressure တို့၏ ဆက်သွယ်ချက်ကို ဂရပ်ပုံစံဖြင့်ဖော်ပြထားခြင်းဖြစ်သည်။ pump curve သည် ပန့်၏ ကွဲပြားသော operating points (flow နည်းနည်း နှင့် Pressure Head များများ သို့မဟုတ် flow များများနှင့် Pressure Head နည်းနည်း) ကို ဖော်ပြထားသည်။ Zeor Flow မှ စတင်၍ Full flow အထိ Pressure Head များနှင့်တွဲ၍ဖော်ပြထားသည်။ pump curve သည် flow rate and developed pressure တို့အပြင် the pump power and operating efficiency တို့၏ဆက်စပ်မှုများကိုလည်းသိရှိနိုင်သည်။ pump curves ကို ပန့်ထုပ်လုပ်သူများ (pump manufacturers) ထံမှ ရယူနိုင်သည်။



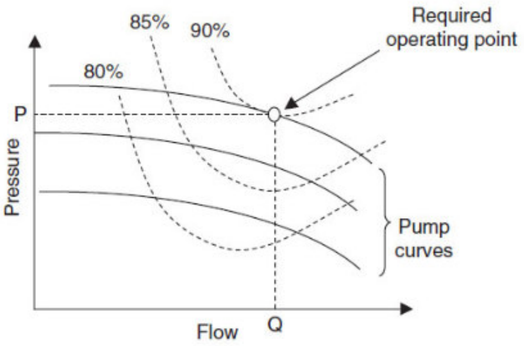
Flat and steep pump characteristics.

Pump curves များတွင် flat curves သို့မဟုတ် steep curves ဟု၍ကွဲပြားမှုရှိသည်။ flat curves ကိုပိုင်ဆိုင်သောပန့်များသည် flow ပမာဏ များစွာပြောင်းလဲသည့်တိုင်အောင် Pressure သည် မပြောပလောက်သည့် ပမာဏအနည်းငယ်သာပြောင်းလဲသည်။ ထို့ကြောင့် flat curves ကိုပိုင်ဆိုင်သောပန့်များသည် closed systems with modulating 2-way control valves များအတွက်အလွန်သင့်လျော်သည်။ တနည်း Chiller Water pump (closed system pump) များ အဖြစ်အလွန်သင့်လျော်သည်။ AHU နှင့် FCU များတွင်တပ်ဆင်ထားသော modulating 2-way control valves သည် Building Cooling Load ပေါ်တွင်မူတည်၍ လိုအပ်သလို လိုအပ်သည့် % အတိုင်းအဖွင့်အပိတ်ပြုလုပ်ကြသည်။ ထို့ကြောင့် Chiller Water Flow သည် ပြောင်းလဲသေည်။ သို့သော် Pressure လိုအပ်မှုက ပြောင်းလဲမှုအလွန်နည်းသည်။ ထို့ကြောင့် flat curves ပန့် သည် အသင့်လျော်ဆုံးဖြစ်သည်။

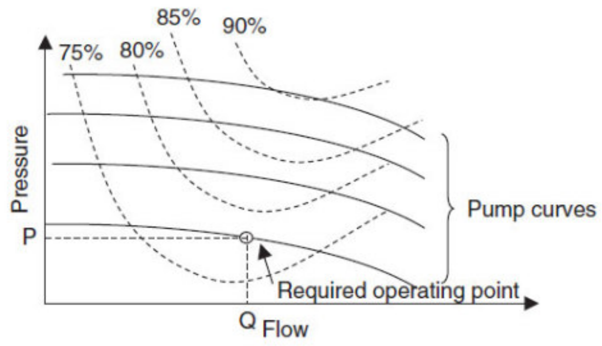
steep curves ကိုပိုင်ဆိုင်သောပန့်များသည် flow ပမာဏ ၏ပြောင်းလဲမှုအတိုင်း Pressure သည်လိုက်၍ ပြောင်းလဲသည်။ Pressure ပမာဏ သည် လည်း flow ပြောင်းလဲသည်အတိုင်းလိုက်ပြောင်းလဲသည်။ ထို့ကြောင့်steep curves ကိုပိုင်ဆိုင်သောပန့်များသည် constant flow applications such as condenser water systems serving cooling towers များအတွက်အလွန်သင့်လျော်သည်။ တနည်း steep curves ပန့်များသည် Condenser Water pump (Opened system pump) များ အဖြစ်အလွန်သင့်လျော်သည်။

၁၁.၈ Pump Efficiency ပိုကောင်းစေရန်နည်းလမ်းများ

ဥပမာ ၁ - Chilled Water System တစ်ခုတွင်တပ်ဆင်ထားသော Chilled Water Pump A ၏ Flow rate မှာ 80 L/s ဖြစ်ပြီး head မှာ 150 kN/m2 ဖြစ်သည်။ ထို pump A ၏ efficiency မှာ 78% ဖြစ်သည်။ အကယ်၍ ထို pump ကို 90 percent efficiency ရှိသော အခြား pump B ဖြင့် ပြောင်းလဲတပ်ဆင်လိုက်လျှင် pump power မည်မျှသက်သာသွားမည်နည်း။



Operating point for pump A.



Operating point for pump B.

$$P = \frac{(Q \times \Delta P)}{(1000 \times \eta_p \times \eta_m)}$$

If the motor efficiency η_m is taken as 1.0,
Saving in pump power

$$= \frac{(Q \times \Delta P)}{1000}\left(\frac{1}{\eta_{78\%}} - \frac{1}{\eta_{90\%}}\right)$$

$$= \frac{(0.08 \times 150 \times 10^3)}{1000}\left(\frac{1}{0.78} - \frac{1}{0.9}\right)$$

$$= 2.05 \text{ kW}$$

ဥပမာ ၂

Capacity တူညီသော Chiller နှစ်လုံး A နှင့် B တို့ ၏ Data များအားလုံးမှာ Pressure Drop Across မှ လွဲ၍တူညီကြသည်။

Chiller A ၏ Pressure Drop Across မှာ 30 ft of water ဖြစ်ပြီး Chiller B ၏ Pressure Drop Across မှာ 10 ft of water ဖြစ်သည်။ ထို Chiller B ကို ရွေးချယ်ခြင်းကြောင့် သက်သာသော power ကို ရှာပါ။

	Option A	Option B
Chiller capacity	500 RT	500 RT
Pressure drop across evaporator	90 kN/m^2 (30 ft water)	30 kN/m^2 (10 ft water)
Chilled water flow rate	75.6 L/s (1200 USgpm)	75.6 L/s (1200 USgpm)

Using the following equation, the theoretical pump power consumption to overcome the resistance across the evaporator can be calculated as follows (assuming efficiency of 100 percent):

$$\text{Pump kW} = [\text{Flow in m}^3/\text{s} \times \text{Pressure difference in N/m}^2\,]/1000$$

$$\text{Option A, pump kW} = [0.0756 \times 90{,}000]/1000 = 6.8\ \text{kW}$$

$$\text{Option B, pump kW} = [0.0756 \times 30{,}000]/1000 = 2.3\ \text{kW}$$

$$\text{Pump kW savings due to Option B} = (6.8 - 2.3) = 4.5\ \text{kW}$$

၁၁.၉ မေးခွန်းများ

မေးခွန်း (၁) A pump တစ်လုံးသည် 1200 rpm နှင့်မောင်းနေသည်အခိုက် 200 L/s ကို တွန်းပို့နိုင်ပြီး 45 kW လိုအပ်သည်။ ထို pump speed သည် 1100 rpm အထိ လျော့ကျခဲ့လျှင် new flow rate and power consumption ကို တွက်ပြပါ။

မေးခွန်း (၂) A pump တစ်လုံးသည် 1200 rpm နှင့်မောင်းနေသည်အခိုက် 200 L/s ကို တွန်းပို့နိုင်ပြီး သည်။ သို့သော် တစ်ချို့ သောအချိန်တွင် (actual operating conditions) water flow မှာ 35 L/s ဖြစ်ပြီး the pump motor သည် 25 kW ကို သုံးစွဲသည်။ What will the reduction in pump power consumptionbe if the pump speed is reduced to provide the design water flow of 20 L/s?

မေးခွန်း (၃) The condensers of two different chillers of equal capacity have pressure drops of 80 kN/m2 and 40 kN/m2, respectively. If the water flow rate required is 150 L/s, calculate the saving in pump power for the condenser water pump if the chiller with the lower pressure drop is used instead of the chiller with the higher pressure drop.

မေးခွန်း (၄)A pumping system တစ်ခုသည်40 L/s နှင့် a head of 120 kN/m2 လိုအပ်သည်။ ထို pump ၏ efficiency မှာ 65 % ဖြစ်သည်။ 65 % efficiency ရှိသော pump ကို 85% ရှိသော pump ဖြင့်ပြောင်းလဲတပ်ဆင်လိုက်လျှင် power မည်မျှ သက်သာမည်နည်း။

ပန့်နှင့်သက်ဆိုင်သော ပုစ္ဆာများ

ဥပမာ - 55 kW မော်တာတပ်ဆင်ထားသော Pump တစ်လုံးသည် တစ်မိနစ်လျှင် အပတ်ရေ ၁၄၀၀ (1400 rpm) နှင့်လည်ပတ်နေပြီး တစ်စက္ကန့်လျှင် လီတာ flow rate =120 L/s တွန်းပို့နိုင်စွမ်းရှိသည်။ အကယ်၍ထို ပန့်သည် တစ်မိနစ်လျှင် အပတ်ရေ ၁၁၂၀ (1120 rpm) သို့ကျသွားလျှင် တစ်စက္ကန့်လျှင် လီတာမည်မျှသာ တွန်းပို့နိုင်မည်နည်း။ (new flow rate ကိုရှာပါ)။ power consumption မည်မျှဖြစ်မည်နည်း ။

Q1 _ 120 L/s

P1 _ 55 kW

N1 _ 1400 rpm

N2 _ 1120 rpm

Q2 = Q1 x (N2/N1) = 120 x (1120/1400) = 96 L/s

P2 = P1 x (N2/N1)3 = 55 x (1120/1400)3 = 28 kW

Pump Affinity Laws

	Change in speed (N)	Change in impeller diameter (D)
Flow (Q)	$Q_2 = Q_1\left(\frac{N_2}{N_1}\right)$	$Q_2 = Q_1\left(\frac{D_2}{D_1}\right)$
Pressure (Δp)	$\Delta p_2 = \Delta p_1\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$	$\Delta p_2 = \Delta p_1\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$
Power (P)	$P_2 = P_1\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3$	$P_2 = P_1\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$

အထက်ပါ ဥပမာ၏ အဓိပ္ပါယ်မှာ ပန့်သည် တစ်မိနစ်လျှင် အပတ်ရေ ၁၄၀၀ မှ တစ်မိနစ်လျှင် အပတ်ရေ ၁၁၂၀ (1400 rpm to 1120 rpm) သို့ ကျဆင်းသွားလျှင် ထိုပန့်၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု (power consumption) သည် ၅၀% ကျဆင်းသွားလိမ့်မည်။ တနည်း ၅၅ကီလိုဝပ် သုံးစွဲနေသည်မှ ၂၈ကီလိုဝပ် သာသုံးစွဲလိမ့်မည်။ (55 kW to 28 kW). သတိပြုရန် အချက်မှာ ပန့် မှ တွန်းပို့နိုင်သော Pressure Head သည် လည်း speed ကျဆင်းမှု၏ နှစ်ထပ်ကိန်း အတိုင်းကျဆင်းသွားလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် Pump Affinity Laws သည် Energy Saving အတွက် အလွန်အသုံးဝင်သော Formula ဖြစ်သည်။ ထို Affinity Lawsကို "cube law" ဟုလည်းခေါ်တတ်ကြသည်။ အဓိပ္ပါယ်မှာ ပန့် သို့ Fan ၏ သုံးစွဲသော ပါဝါသည် ထို ပန့် သို့ Fan ၏ လည်ပတ်နန်းသုံးထပ်ကိန်းနှင့် တိုက်ရိုက် အချိုးကျသည်။ (power & speed3).

ဥပမာ- ပန့်တစ်လုံး၏ မော်တာသည် 1400 rpm နှင့်မောင်းနေသည်အချိန်တွင် Flow rate 10 L/s ရရှိရန်ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည်။ သို့သော် pipe system တွင် တပ်ဆင်၍ အသုံးပြုသည့်အခါ အမှန်ရရှိသော Flow rate မှာ 15 L/s ဖြစ်ပြီး ပန့်မော်တာသည် 15 kW ကို သုံးစွဲသည်။ ထိုပန့်အား ဒီဇိုင်း Flow rate ဖြစ်သော 10 L/s ကို ရောက်အောင် pump speed ကို VSD အသုံးပြု၍ ကျဆင်းအောင်ပြုလုပ်ခဲ့လျှင် ပန့် Power သုံးစွဲမှုမည်မျှကျဆင်းသွားမည်နည်း။

Pump affinity laws အရ

From pump affinity laws, the pump speed can be reduced to give the design flow as follows:

New pump speed _ 1400 ထ (10/15) = 933 rpm

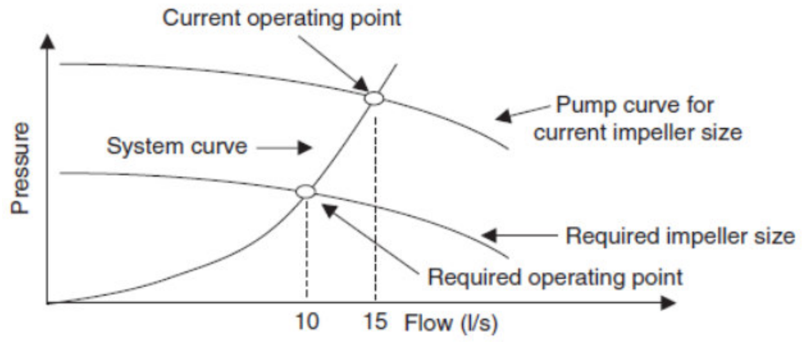
New power consumption = 15 ထ (10/15)3 = 4.5 kW

Reduction in pump power consumption =15 – 4.5 = 10.5 kW

ဤနည်းသည် Estimation ခန့်မှန်းမှုများပြုလုပ်ရန်အတွက်သာ အသုံးဝင်သည်။ တိကျသေချာသော ရလာဒ်များရရှိရန်အတွက် ပန့်ထုပ်လုပ်သူများ (Pump Manufacturer) ထံမှရရှိသည် pump curves ကို အသုံးပြုကြသည်။ Pump Manufacturer သို့ ပန့် model ကွဲပြားသလို ပန့်တစ်လုံးခြင်းစီ၏ performance သည်လည်းကွဲပြားသည်။

ပန့်တစ်လုံး၏လက်ရှိမောင်းနေသည့် flow rate နှင့် pressure ကို တိုင်း၍ pump curves ပေါ်တွင် လက်ရှိ operating point ကို မှတ်သားနိုင်သည်။ ထို တိုင်း၍ရသည့် flow rate နှင့် pressureသည်ပင် အသုံးပြု၍ system curve ကိုလည်းခန့်မှန်းနိုင်သည်။ system curve သည် parabolic relationship ရှိသော curve ဖြစ်သည်။ သို့ parabolic curve ဟုခန့်မှန်းဆွဲနိုင်သည်။

ထိုကဲ့သို့ pump curves ပေါ်တွင် လက်ရှိ operating point နှင့် system curve ကိုဆွဲသားပြီး နောက်ကျန် ဆက်စပ်နေသည့် Parameter များကို တွက်ယူရရှိနိုင်သည်။



Using pump curves to select a suitable impeller size.

၁၁.၁၀ ပန့် ပုစ္ဆာများ

၁. ပန့်တစ်လုံးသည် 1200 rpm နှင့်မောင်းနေသည်အချိန်တွင် Flow rate 200 L/s ကိုတွန်းပို့နိုင်ပြီး ထို ပန့်၏မော်တာသည် 45 kW ပါဝါကို consumesလုပ်သည်။

ထိုပန့် ၏ speed သည် 1100 rpm သို့ ကျဆင်းသွားလျှင် new flow rate and power consumption ကို ရှာပါ။

၂. ပန့်တစ်လုံး၏သည် 1200 rpm နှင့်မောင်းနေသည်အချိန်တွင် Flow rate 20 L/s ရရှိရန်ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည်။သို့သော် pipe system တွင် တပ်ဆင်၍ အသုံးပြုသည့်အခါ အမှန်ရရှိသော Flow rate မှာ

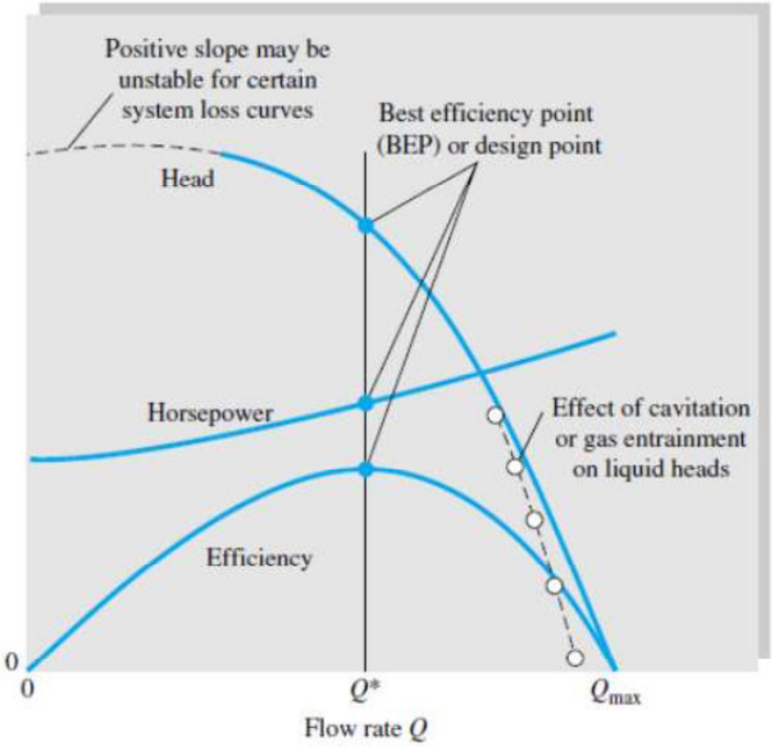
35 L/s ဖြစ်ပြီး ထိုပန့်သည် ၏ မော်တာသည် 25 kW ပါဝါကို consumes လုပ်သည်။ အကယ်၍ water flow ကို ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည့် 20 L/s သို့ ရောက်အောင် Speed ကို လျှော့ချလိုက်လျှင် မည်မျှ pump power consumption လျော့ကျသွား သည်ကို ရှာပါ

၃. Cooing capacity တူညီသော Chiller နှစ်လုံး၏ condensers များသည် မတူညီသော pressure drops ရှိကြသည်။ Chiller A ၏ pressure drops မှာ 80 kN/m2 ဖြစ်ပြီး Chiller B ၏ pressure drops မှာ 40 kN/m2 ဖြစ်သည်။ Chiller နှစ်လုံး၏ condensers water flow rate များသည် 150 L/s ဖြစ်ကြသည်။ အကယ်၍ pressure drops များသည့် Chiller A ကို သုံးမည့်အစား pressure drops နည်း သည့် Chiller B ကိုသုံးလျှင့် ထို Chiller နှင့် တွဲ၍တပ်ဆင်ထားသော condenser water pumpများ၏ pump power saving

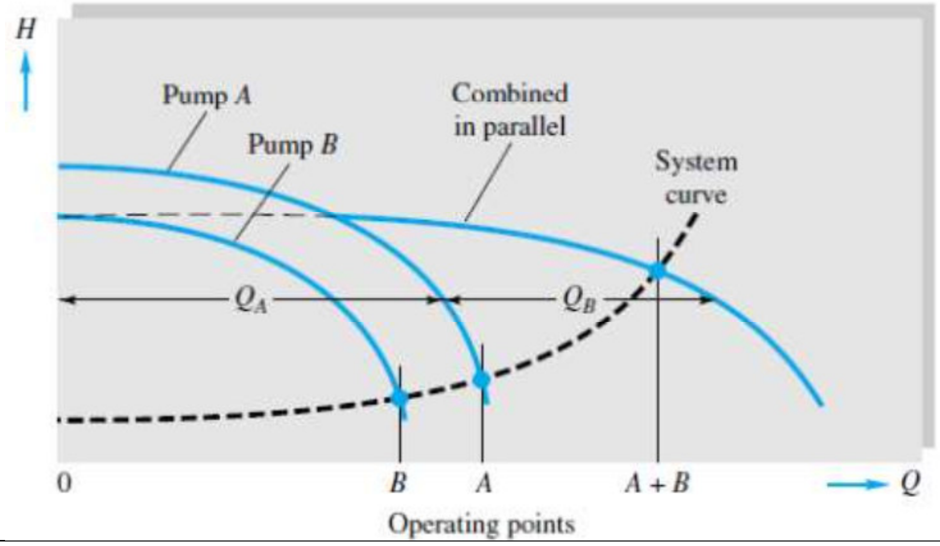
ကို တွက်ပါ။

၄. A pumping system တစ်ခုအတွက်လိုအပ်သော ပန့်၏ Flow 40 L/s လိုအပ်ပြီး pressure head သည် 120 kN/m2လိုအပ်သည်။ ထို application အတွက် 65 percent efficiency ရှိသည့် ပန့်ကို ရွေးမည့်အစား ပိုကောင်းသည့် 85 percent efficiency ပန့်ကိုရွေးချယ်လိုက်လျှင် power မည်မျှသက်သာ နိုင်မည့်နည်း။ (ရွေ့တာနိုင်မည်နည်း)

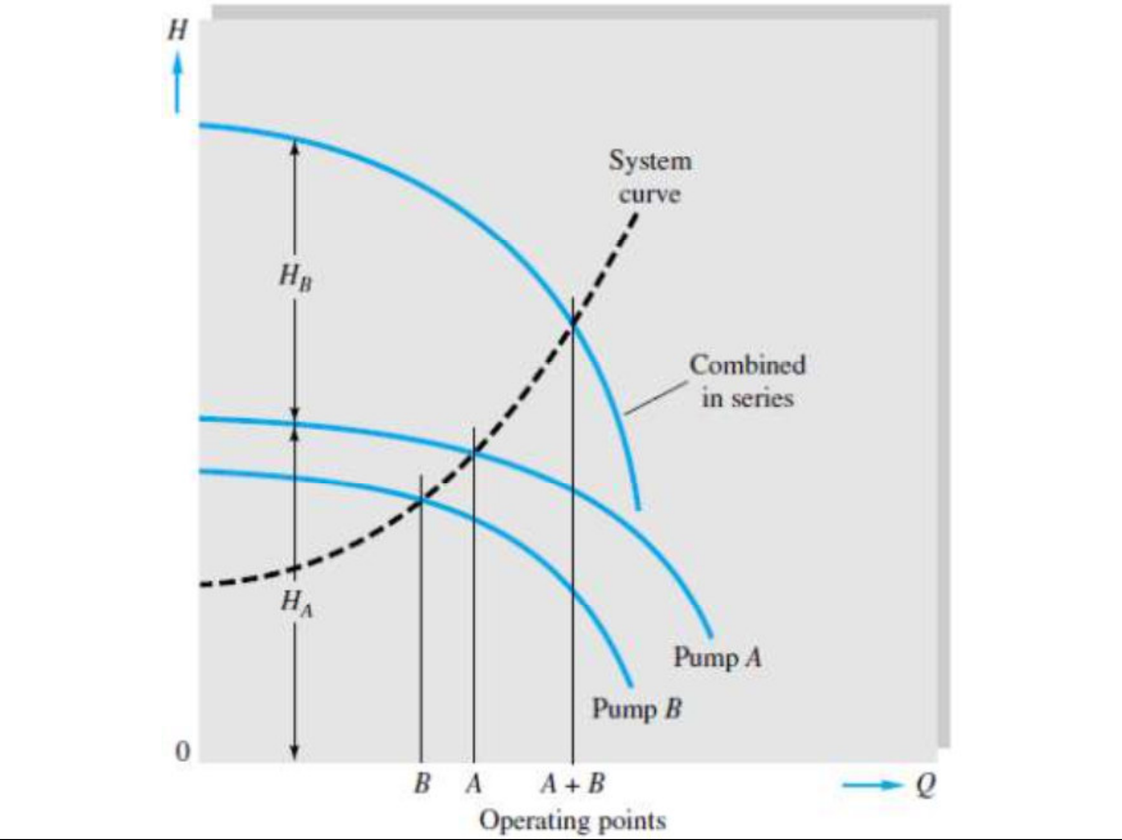
End-



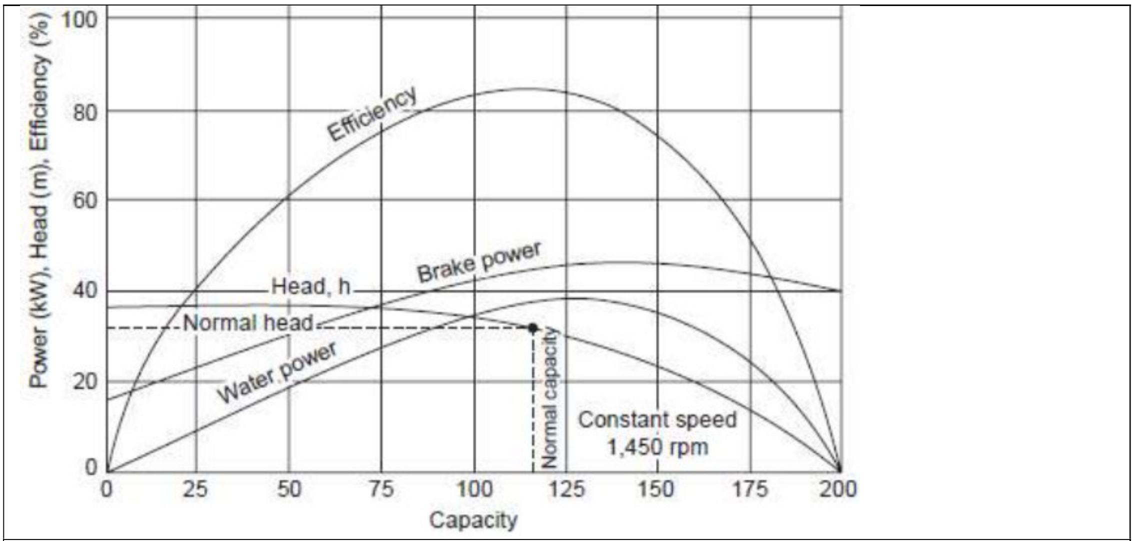
Typical centrifugal pump performance curves at constant impeller rotation speed.
The units are arbitrary.



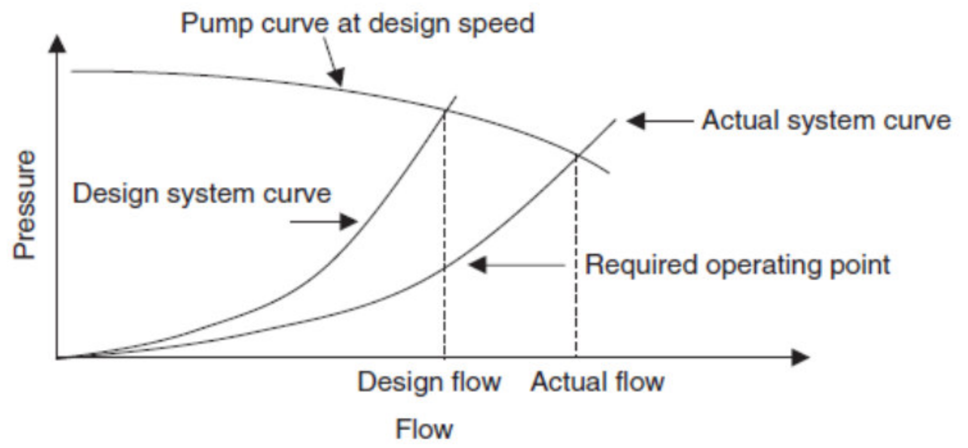
Performance and operating points of two pumps operating singly and combined in parallel.



Performance of two pumps combined in series.



Centrifugal pump characteristics at constant speed



Over sized pump for application.

၁၁.၁၂ Pumping Systems များ၌ စွမ်းအင်ချွေတာစေနိုင်မည့်အခွင့်အလမ်းများ

Ensure adequate NPSH at site of installation

Ensure availability of basic instruments at pumps like pressure gauges, flow meters.

Operate pumps near best efficiency point.

Modify pumping system and pumps losses to minimize throttling.

Adapt to wide load variation with variable speed drives or sequenced control of multiple units.

Stop running multiple pumps - add an auto-start for an on-line spare or add a booster pump in the problem area.

Use booster pumps for small loads requiring higher pressures.

Increase fluid temperature differentials to reduce pumping rates in case of heat exchangers.

Repair seals and packing to minimize water loss by dripping.

Balance the system to minimize flows and reduce pump power requirements.

Avoid pumping head with a free-fall return (gravity); Use siphon effect to advantage:

Conduct water balance to minimise water consumption

Avoid cooling water re-circulation in DG sets, air compressors, refrigeration systems, cooling towers feed water pumps, condenser pumps and process pumps.

In multiple pump operations, carefully combine the operation of pumps to avoid throttling

Provide booster pump for few areas of higher head

Replace old pumps by energy efficient pumps

In the case of over designed pump, provide variable speed drive, or downsize / replace impeller or replace with correct sized pump for efficient operation.

Optimise number of stages in multi-stage pump in case of head margins

Reduce system resistance by pressure drop assessment and pipe size optimization.

1. Positive displacement pumps are generally less efficient than centrifugal pumps. State whether the statement is true or false

2. Installing larger diameter pipe in pumping system results in reduction in
   a) static head b) frictional head c) both a and b d) neither a nor b

3. Generally water pipe lines are designed with water velocity of
a) < 1 m/s b) up to 2.0 m/s c) > 2 m/s d) None of the above

4. What is the impact on flow and pressure when the impeller of a pump is trimmed?
a) Flow decreases with increased pressureb) Both flow and pressure increases
c) Both pressure and flow decreases d) None of the above

5. For high flow requirement, pumps are generally operated in
a) parallel b) series c) any of the above d) none of the above

6. "In case of throttling operation, the pump has to overcome additional pressure in order to deliver the reduced flow". Please indicate whether this statement is (a) True or (b) False?

7. Friction losses in a pumping system is
a) proportional to 1/Q b) proportional to Q2
c) proportional to $1/Q^3$ d) proportional to $1/Q^4$

8. For large capacity centrifugal pumps, design efficiencies are in
a) around 70% b) around 85% c) around 95% d) any of above

9. The moving part in centrifugal pump is
a) impeller b) diffuser c) both a & b d) neither a nor b

10 The most efficient method of flow control in a pumping system is
a) Throttling the flow b) Speed control c) Impeller trimming d) None

11 In case of increased suction lift from open wells, the delivery flow rate
a) increases b) decreases c) remains same d) none of the above

12 Pump efficiency generally increases with specific speed. State whether the statement is True or False.

13 Throttling the delivery valve of a pump results in increased ____.
a) head b) power c) both (a) and (b) d) either (a) or (b)

14. The operating point in a pumping system is identified by
a) Point of intersection of system curve and efficiency curve
b) Point of intersection of pump curve and theoretical power curve
c) Point of intersection of pump curve and system curve
d) Cannot be decided by pump characteristic curves

15. The intersection point of the pump curve and the system curve is called
a) Pump efficiency b) Operating point c) System efficiency d) None of the above

16. If the speed of a centrifugal pump is doubled, its power consumption increases by times.

a) two b) four c) eight d) no change

17. Installation of Variable frequency drives (VFD) allows the motor to be operated with _____.

a) lower start-up current b) higher start-up current

c) constant current d) none of the above

18. In case of centrifugal pumps, impeller diameter changes are generally limited to reducing the diameter to about _____ of maximum size.

a) 75% b)50% c) 25% d) None of the above

19. If the delivery valve of the pump is throttled such that it delivers 30% of the rated flow, one of the best options for improved energy efficiency would be

a) Trimming of the impeller b) Replacing the motor

c) Replacing the impeller with a smaller size impeller d) None of the above

20. Small by-pass lines are installed some times to ______.

a) control flow rate b) control pump delivery head

c) prevent pump running at zero flow d) reduce pump power consumption

Industry standards:

- Hydraulic Institute (HI) standards
- ANSI pump - ASME B73.1 specifications (chemical industry)
- API pump - API 610 specifications (oil & gas industry)
- DIN pump - DIN 24256 specifications (European standard)
- ISO pump - ISO 2858, 5199 specifications (European standard)
- Nuclear pump - ASME specifications
- UL/FM fire pump - NFPA specifications

-End-