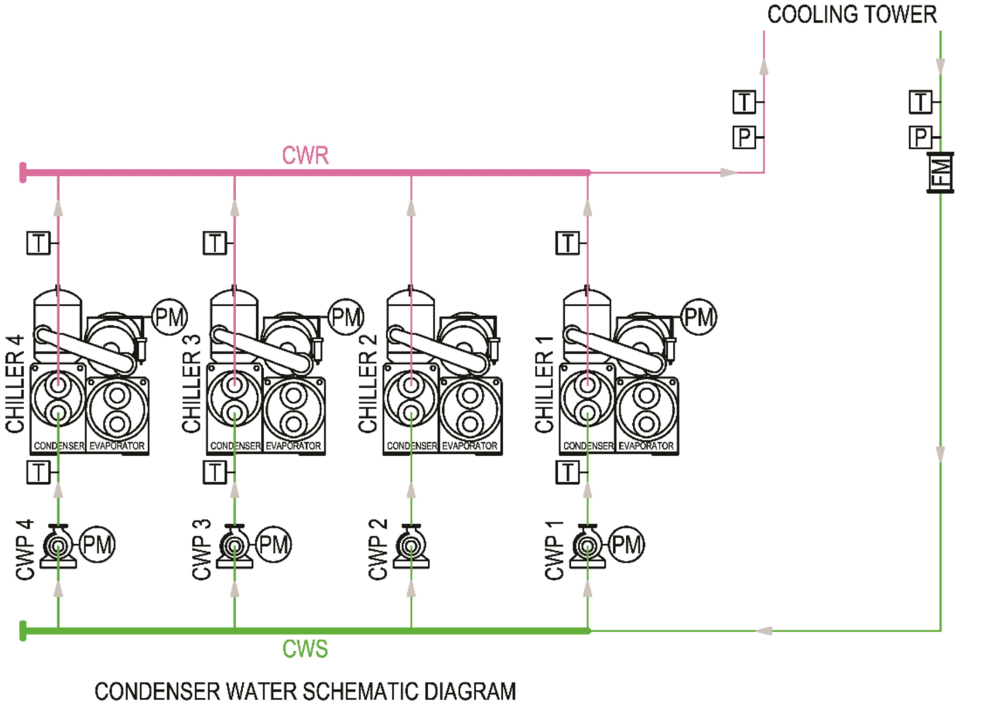
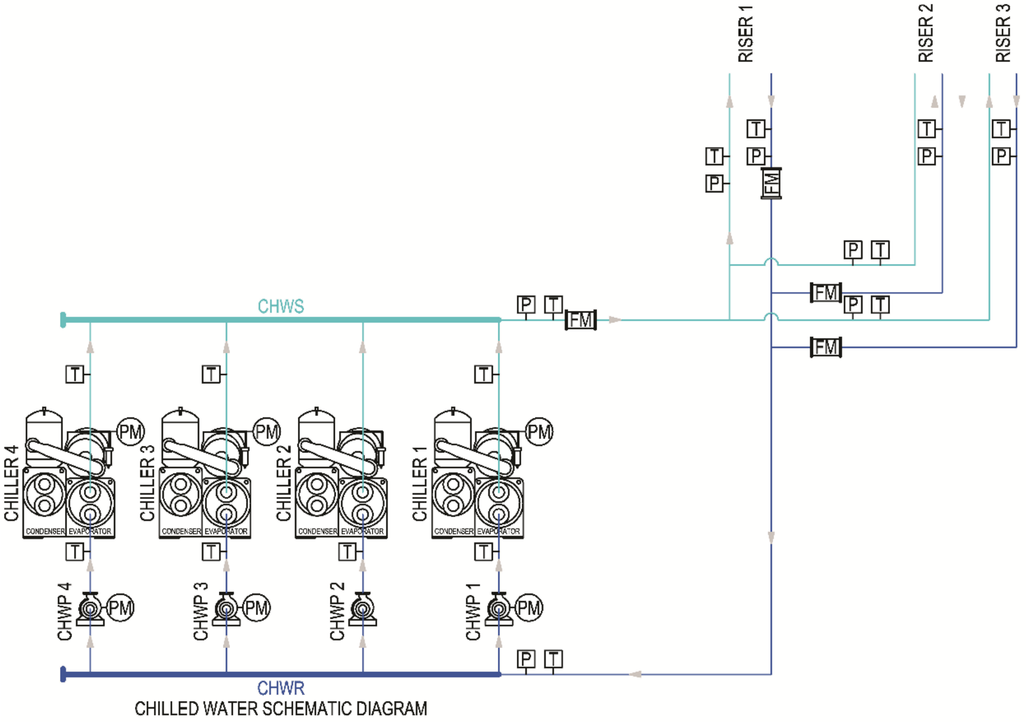
Chilled Water Pumping System Performance Analysis

ဤအခန်းတွင် chiller water pump များ၏ performance အကြောင်း လေ့လာပုံကို အသေးစိတ် ရှင်းပြထားသည်။ Chilled water plant ကို energy audit လုပ်သည့် အခါတွင် တိုင်းတာမည့် instrument များအားလုံး၏ နေရာကို ပုံတွင် ဖော်ပြပေးရသည်။



ပုံ - (၁-က) Condenser Water Schematic

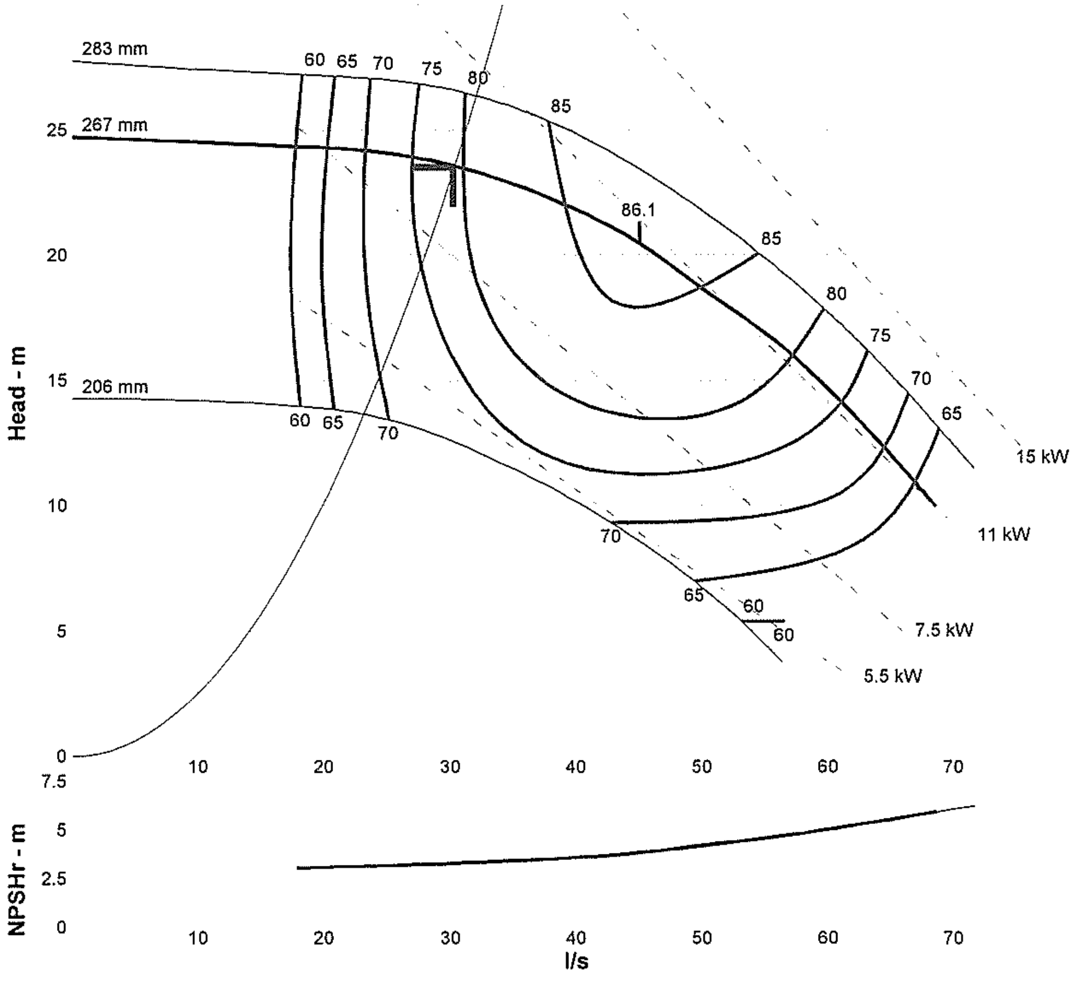


ပုံ - (၁-ခ) Chilled water schematic

ပုံ(၁-က)သည် Condenser Water Schematic ပုံဖြစ်သည်။ ပုံ(၁-ခ)သည် Chilled water schematic ပုံဖြစ်သည်။

Chiller water plant တွင် chiller အရွယ်အစားတူညီသည့် 200RT water cooled screw chiller (၄)လုံး တပ်ဆင်ထားသည်။ Chiller water pump (၄)လုံး နှင့် condenser water pump (၄)လုံး တွဲ၍ တပ်ဆင်ထားသည်။ Riser (၃)ခု ရှိသည်။ တိုင်းတာမည့်(measuring) instrument များအားလုံး တပ်ဆင်ထားသည့် နေရာကို ပုံတွင် ဖော်ပြ ထားသည်။

ပထမဦးစွာ pump အကြောင်းရေးသည့် စာအုပ်များတွင် ဖော်ပြလေ့ရှိသည့် pump curve ပုံ များနှင့် လက်တွေ့တွင် အမှန်တကယ်တိုင်းတာ၍ ရသည့်ပုံများ ကွဲပြားပုံကို နှိုင်းယှဉ် ဖော်ပြလိုသည်။

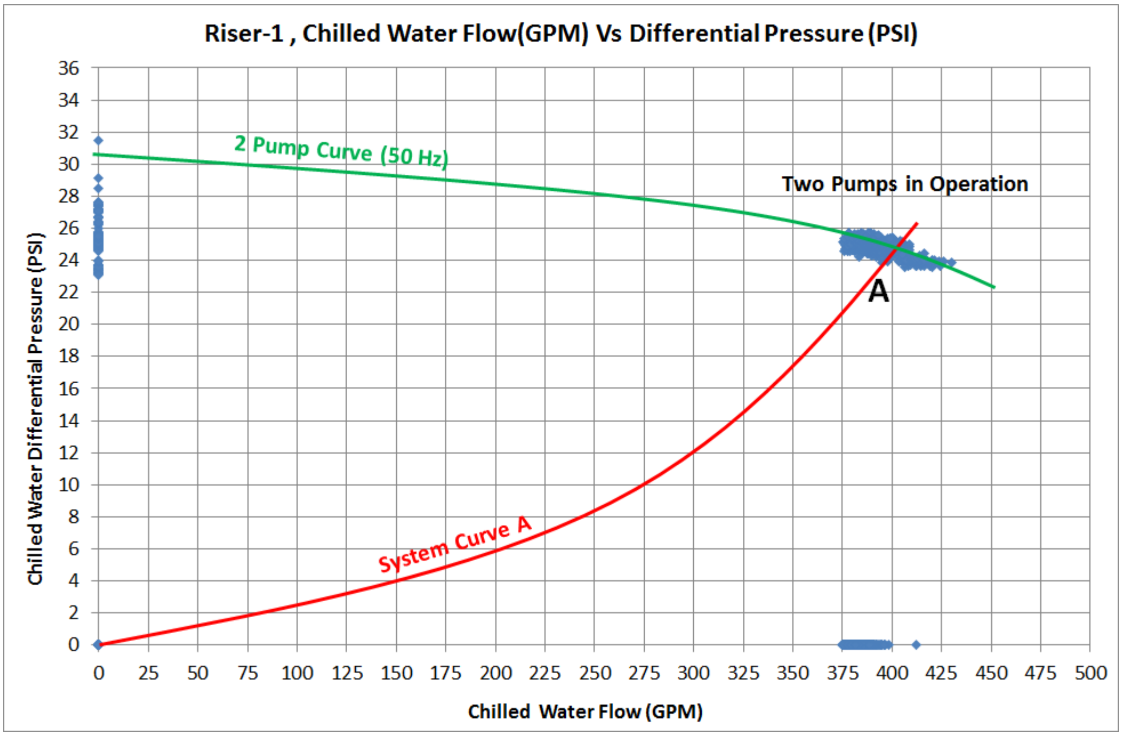


ပုံ - (၂-က) Pump ထုတ်လုပ်သူများ(manufacturers)ပေးသည့် pump curve

ပုံ (၂ - က) သည် စာအုပ်များတွင် ရေးသားဖော်ပြလေ့ရှိသည့် pump curve ပုံ သို့မဟုတ် Pump ထုတ်လုပ်သူများ(manufacturers)ပေးသည့် pump curve ဖြစ်သည်။

ပုံ (၂ - ခ)သည် riser များတွင် တိုင်း၍ ရသည့် ဒေတာများကို အခြေခံ၍ ရေးဆွဲ(plot)ထားသည့်ပုံ ဖြစ်သည်။

Operating Point at Full Load Condition (Point A)



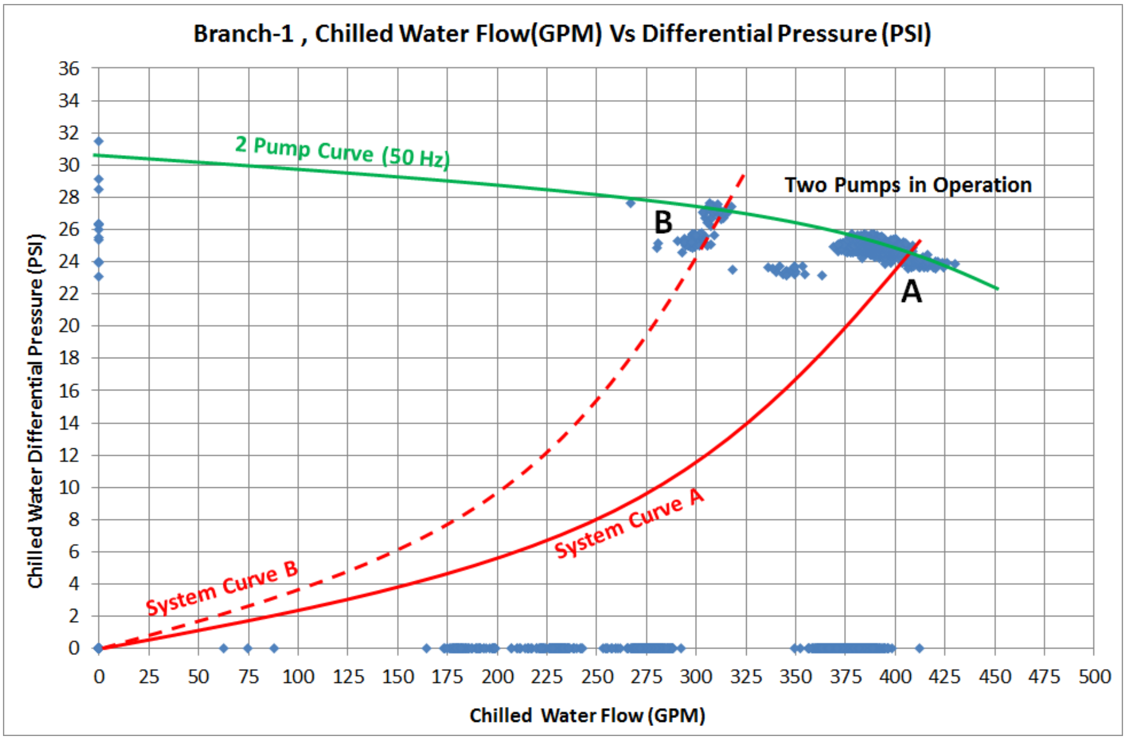
ပုံ - (၂-ခ) Riser များတွင် တိုင်း၍ ရသည့် ဒေတာများကို အခြေခံ၍ ရေးဆွဲ(plot)ထားသည့်ပုံ

Schematic ပုံတွင် ပြထားသည့်အတိုင်း chiller (၄) လုံးရှိသည့်အနက် peak load အချိန်တွင် (၂)လုံး မောင်းသည်။ ကျန်(၂)လုံးသည် standby chiller ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် peak load အချိန်တွင် pump (၄)လုံးအနက် pump (၂)လုံး မောင်းသည်။ Riser pipe (၃)ခုရှိသည်။ Chilled water pumping performance ကို လေ့လာရန် အတွက် တိုင်းတာသည့် နေရာများ(measuring point)မှ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

ပုံ(၂ - ခ) ရေးဆွဲရန် အတွက် Riser supply pressure(PSI) ၊ riser return pressure(PSI) နှင့် riser flow (GPM) တို့ဖြစ်သည်။ Riser differential pressure ရရန်အတွက် supply pressure ထဲမှ return pressure ကို နုတ်ယူသည်။ Chiller water circuit အတွက် supply pressure သည် return pressure ထက် အမြဲ ပိုများ လေ့ရှိသည်။

CHW Riser Differential Pressure (PSI) = CHW Riser Supply Pressure(PSI) - Riser Return Pressure(PSI)

Operating Point at Full Load Condition (Point A and B)



ပုံ - ၃ Riser – 1 operating point

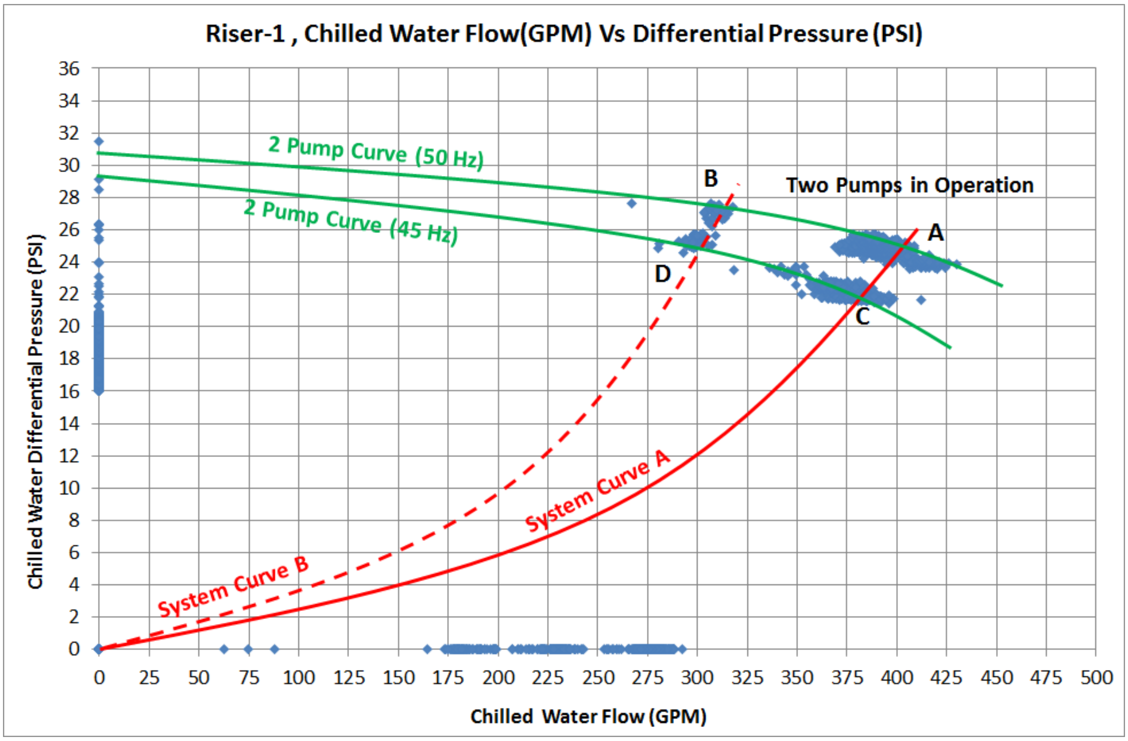
ပုံ(၃) တွင် ဖော်ပြထားသည့် point A သည် Riser – 1 ၏ operating point ဖြစ်သည်။ System curve နှင့် pump curve တို့ ဖြတ်သည့် point သည် operating point ဖြစ်သည်။ ထို point A သည် peak load အချိန် chiller (၂)လုံး မောင်းနေချိန် (တစ်နည်းအားဖြင့် pump (၂) လုံးမောင်းနေချိန်)တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် point ဖြစ်သည်။

Riser များအတွက် စဉ်းစားသည့်အခါ riser flow နှင့် differential pressure နှစ်မျိုးရှိသည့်အနက် flow ကို အရင် စတင်စဉ်းစားရသည်။ Riser-1 အတွက် လိုအပ်သည့် flow demand မှာ 350 GPM မှ 400 GPM အတွင်း ဖြစ်သည်။ Riser-1 အတွင်း၌ 350-400 GPM စီးဆင်းနေချိန်တွင် differential pressure သည် 24 psi ဖြစ်ပေါ်သည်။

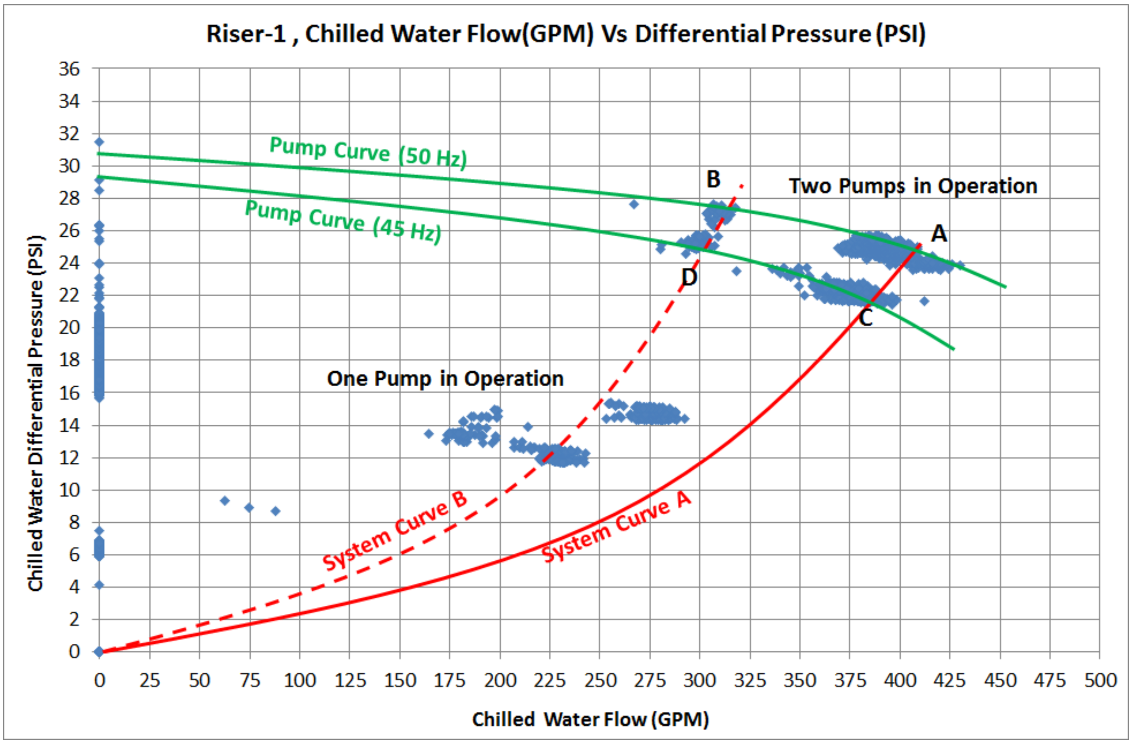
System curve မှ စ၍ စဉ်းစားလျှင် flow demand ပိုများများလိုအပ်လေ differential pressure ပိုမြင့်လေ ဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် riser တစ်ခုချင်းစီ၏ system curve သည် အထက်သို့ တက်နေ သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ System အတွက်စဉ်းစားလျှင် system အတွင်း၌ flow များများ စီးဆင်းလျှင် ဖိအားကျဆင်းမှု များများ ဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည်။

Pump ဘက်မှ (pump curve) စဉ်းစားလျှင် flow demand ပိုများလေ pump မှ တွန်းပေးနိုင်သည့် head ပိုနည်းလေ ဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် pump တစ်လုံးချင်းစီ၏ curve သည် အထက်သို့ တက်နေ သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ Pump ပေးထားသည့် power (တစ်နည်းအားဖြင့် pump မော်တာ)သည် အကန့်အသတ် ရှိသောကြောင့် flow များများထုတ်ပေးရန်အတွက် head သင့်လျော်သည့် ပမာဏ လျော့နည်းသွားလိမ့်မည်။

Pump တွန်းပေးနိုင်သည့် flow နှင့် head သည် system မှ လိုအပ်သည့် flow နှင့် differential pressure တို့ ကိုက်ညီနေချိန်(satisfied)တွင်point A ဖြစ်ပေါ်သည်။ Point A သည် peak load တွင်ဖြစ်ပေါ်သည်။ Cooling load အနည်းငယ်ကျသွားသည့်အခါ AHU နှင့် FCU များ၌ တပ်ဆင်ထားသည့် flow control valve သည် အနည်းငယ် ပိတ်ပေးသောကြောင့် AHU နှင့် FCU အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်သည့် flow rate နည်းသွားသည်။ Flow demand လျော့နည်းသွားသည်။ Pump ကို ပုံမှန်အတိုင်း 50 Hz တွင် မောင်းနေလျှင် flow နည်းသောကြောင့် point B ဖြစ်ပေါ်သည်။



ပုံ - ၄ Riser – 1 operating point (2 pumps in operation)

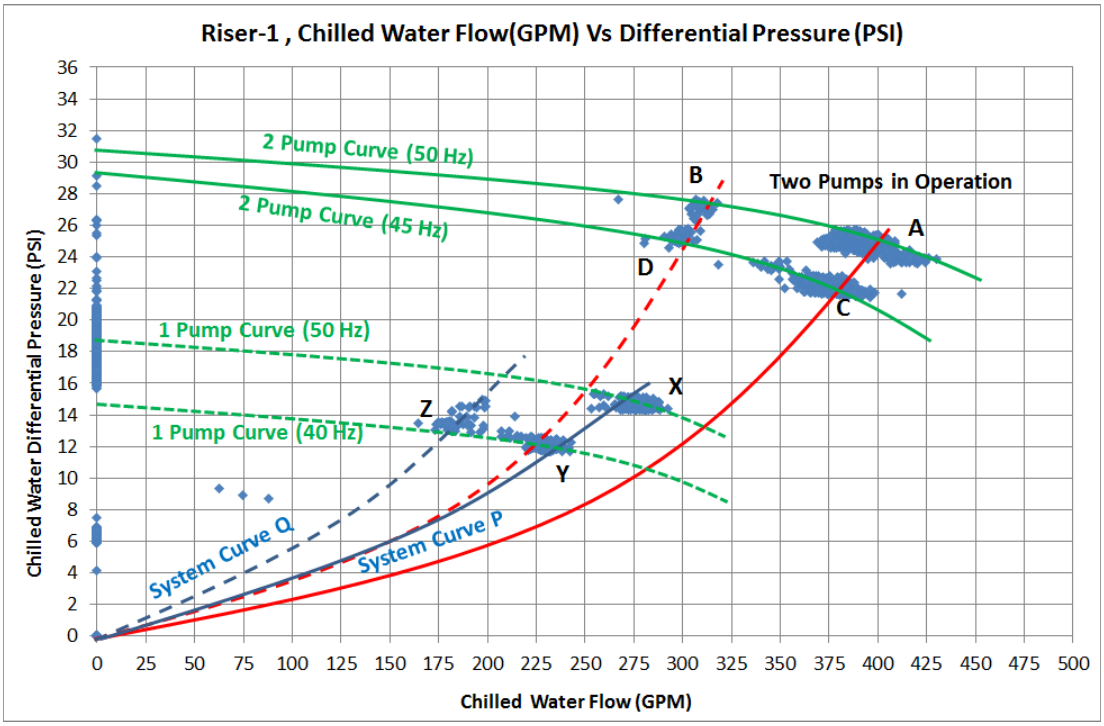


ပုံ - ၅ Riser – 1 operating point (2 pumps and 1 pump in operation)

Point B ဖြစ်ပေါ်ရသည့် အကြောင်းမှာ cooling load လျော့နည်းလာသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ cooling load လျော့နည်းသည့်အခါ AHU နှင့် FCU များ၌ တပ်ဆင်ထားသည့် flow control valve များ အနည်းငယ် ပိတ်သွားသည်။ ထိုအခါ flow လျော့နည်းသွားသည် pump သည် မြန်နှုန်းပုံသေဖြင့် မောင်းနေလျှင် system resistance ပိုများလာလိမ့်မည်။ ထိုအခြေအနေမျိုးတွင် pump ၏ speed ကို မပြောင်းလဲဘဲ အမြန်နှုန်းပုံသေ(constant speed)ဖြင့် မောင်းနေသောကြောင့် operating point သည် pump curve တစ်လျှောက်ရွေ့သွားလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် peak load operating point A သည် cooling load အနည်းငယ် လျော့နည်းသွားခြင်းကြောင့် point B သို့ ရွေ့သွားခြင်း ဖြစ်သည်။

အကယ်၍ cooling load လျော့နည်းခြင်းကြောင့် chilled water flow အနည်းငယ် လျော့နည်းသည့်အခါ pump speed ကိုလျော့ချပေးလျှင် point C ဖြစ်ပေါ် လိမ့်မည်။

Point C ဖြစ်ပေါ်သည့်အကြောင်းမှာ cooling load နည်းသောကြောင့် flow လျော့နည်းသည်။ ထိုအခါ pump ၏ speed ကို လျော့ချလိုက်သောကြောင့် pump curve အသစ် ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ 45 Hz လိုင်း ဖြစ်ပေါ်သည်။ Point A မှ point C သို့ရွေ့သွားသည်။ ထို့နောက် cooling load နည်းပြီး flow နည်းကာ pump speed ကို မပြောင်းလဲသောကြောင့် point D ဖြစ်ပေါ်သည်။



ပုံ - ၆ Riser-1 all operating points (2 pumps and 1 pump in operation)

System curve A သည် full load မောင်းနေအချိန်တွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။ Point B သည် full load အခြေအနေထက် နည်းသည့်အခါတွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။

Peak load ထက်လျော့နည်းသည့်အခါ၊ pump ၏ speed ကို မပြောင်းလဲလျှင် system B curve ဖြစ်ပေါ်သည်။ 2 way modulating flow control valve များ တပ်ဆင်ထားမှသာ ဖြစ်ပေါ်သည်။ 3 way valve များ တပ်ဆင်ထားပါက ထိုသို့ဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ 3 way modulating valve များ တပ်ဆင်ထားလျှင် pump မှ တွန်းနေသည့် flow rate ပြောင်းလဲလိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။

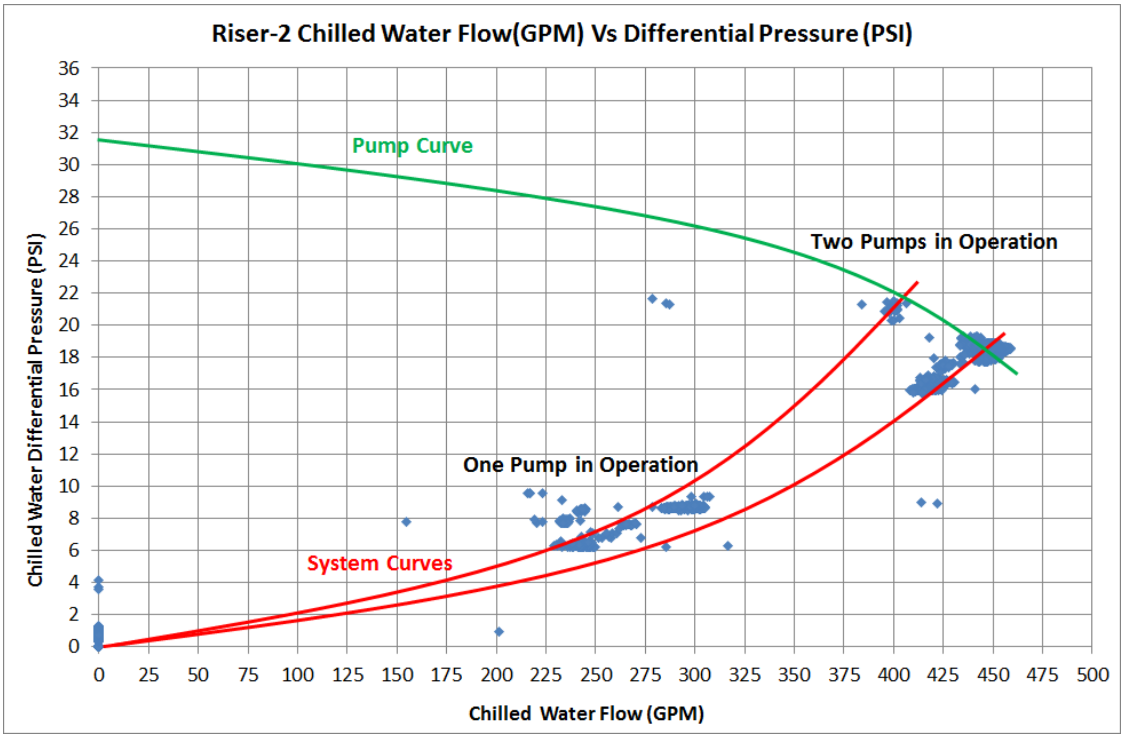
Off peak အချိန် pump (၁)လုံးတည်းမောင်းနေသည့်အခါတွင် point X ၊ Y နှင့် Z တို့ ဖြစ်ပေါ်သည်။

X သည် pump (၁) လုံးတည်း မောင်းနေချိန်၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် အမြင့်ဆုံး load ဖြစ်သည်။

Y သည် load အနည်းငယ်လျော့နည်းပြီး actuator များ အနည်းငယ် ပိတ်သည့်အခါ system differential pressure မြင့်တက်လာသည်။ ထို အခါ Pump မြန်နှုန်းကို လျော့ချပေးလျှင် ဖြစ်ပေါ်သည်။

Z သည် Variable Speed Drive(VSD) မချတော့သည့်အခါတွင် ဖြစ်ပေါ်သည်။

Riser-2



ပုံ - ၇ Riser-2 all operating points (2 pumps and 1 pump in operation)

ပုံ(၇)သည် riser 2 တွင် တိုင်း၍ ရရှိသည့် ဒေတာကို အခြေခံ၍ ရေးဆွဲ(plot)ထားသည့် ပုံဖြစ်သည်။

တခြား riser များကဲ့သို့ပင် pump (၂)လုံးမောင်းချိန် pump (၁)လုံးမောင်းချိန် point များကို တွေ့မြင်နိုင်သည်။ အမြင့်ဆုံး(maximum) differential pressure မှာ 22 psi ဖြစ်သည်။

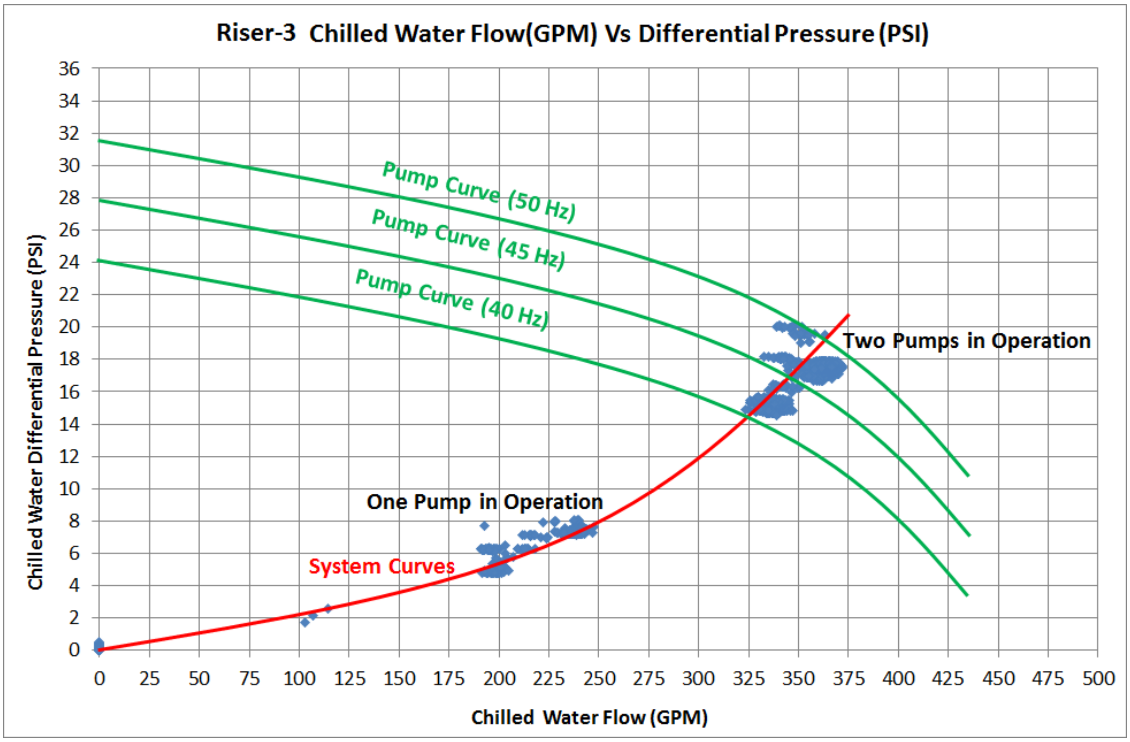
Flow အများဆုံးမှာ 450 GPM ဖြစ်ပြီး ထိုအချိန်တွင် differential pressure သည် 19 psi ဖြစ်သည်။

Pump (၁) လုံးတည်းမောင်းနေချိန်တွင် 300 GPM နှင့် 9 psi ခန့်ဖြစ်သည်။

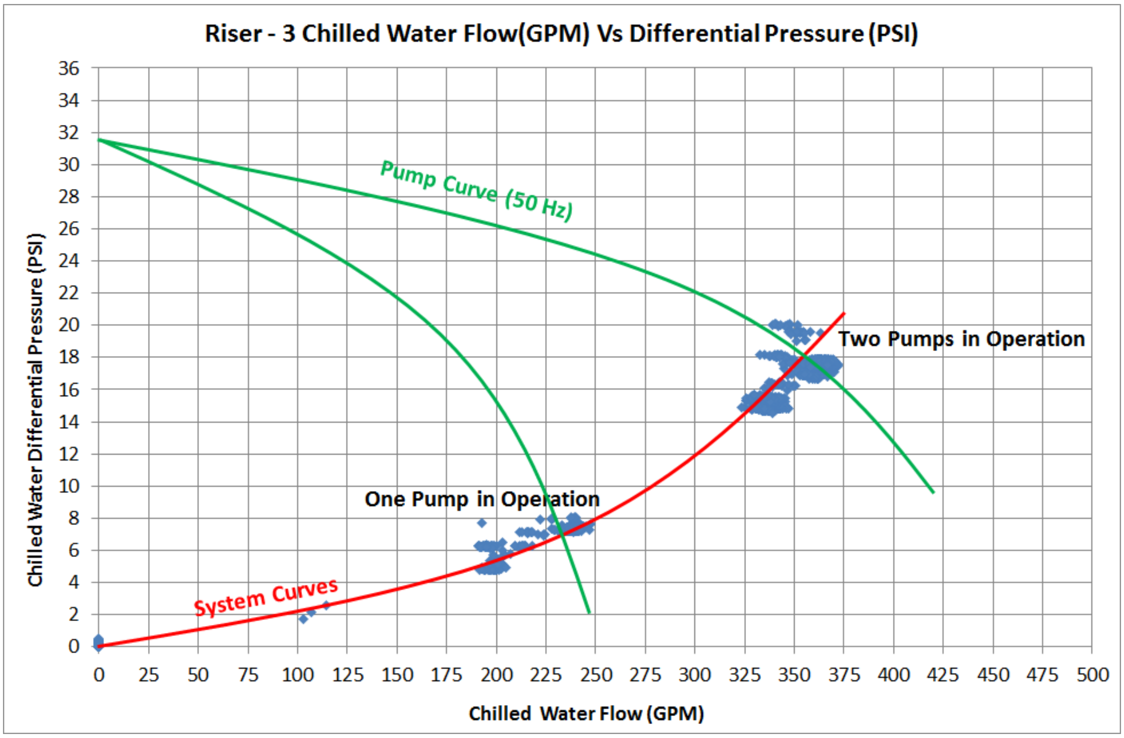
ပုံ(၈)သည် riser 3 တွင် တိုင်း၍ ရရှိသည့် ဒေတာကို အခြေခံ၍ ရေးဆွဲ(plot)ထားသည့် ပုံဖြစ်သည်။

Pump ၏ speed ပြောင်းလဲသောကြောင့် pump curve ပြောင်းလဲပုံကို ထင်ရှားစွာတွေ့မြင်နိုင်သည်။

Riser-3



ပုံ - ၈ Riser-3 two pumps in operation at different speed



ပုံ -၉ Riser-3 all operating points (2 pumps and 1 pump in operation)

-End-