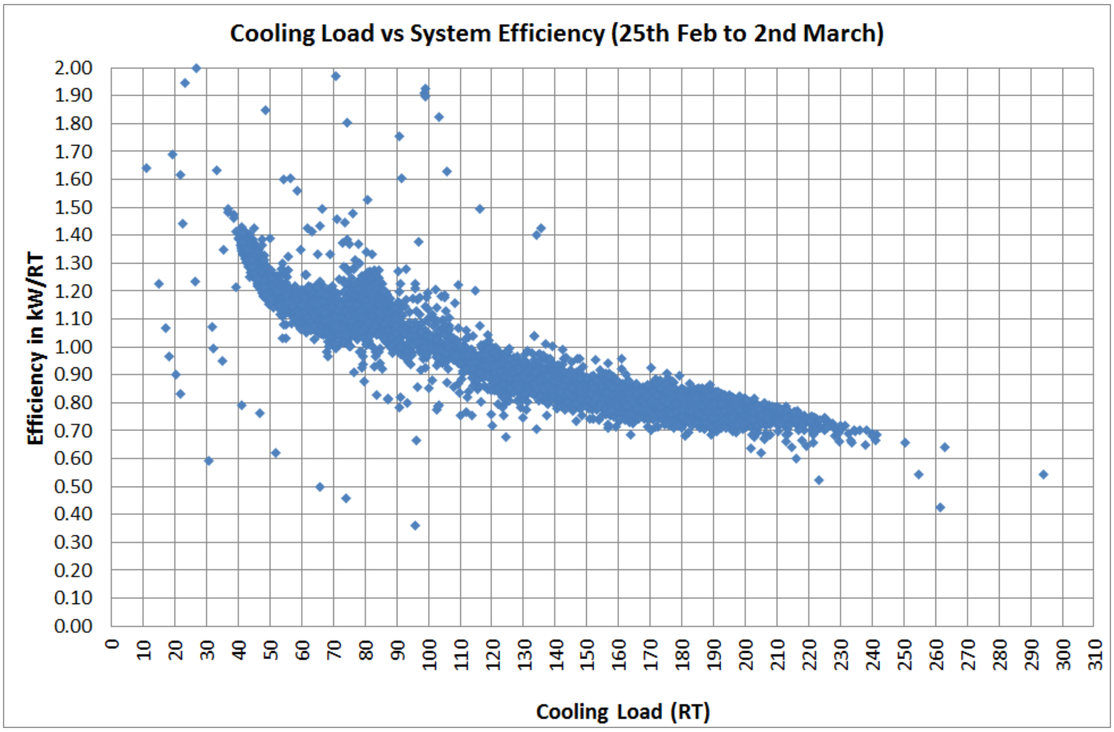
Chilled Water Plant Energy Audit ဒေတာများကို လေ့လာခြင်း

အလယ်အလတ်စား ရုံးခန်း အဆောက်အဦ တွင် တပ်ဆင်ထားသည့် chiller water plant တစ်ခုကို energy audit လုပ်၍ ရရှိသည့် ဒေတာများကို လေ့လာဆန်းစစ်ပုံ ဆန်းစစ်နည်းကို ဖော်ပြထားသည်။

Chilled Water Plant System Efficiency



ပုံ ၁-၁ Cooling Load Vs System Efficiency

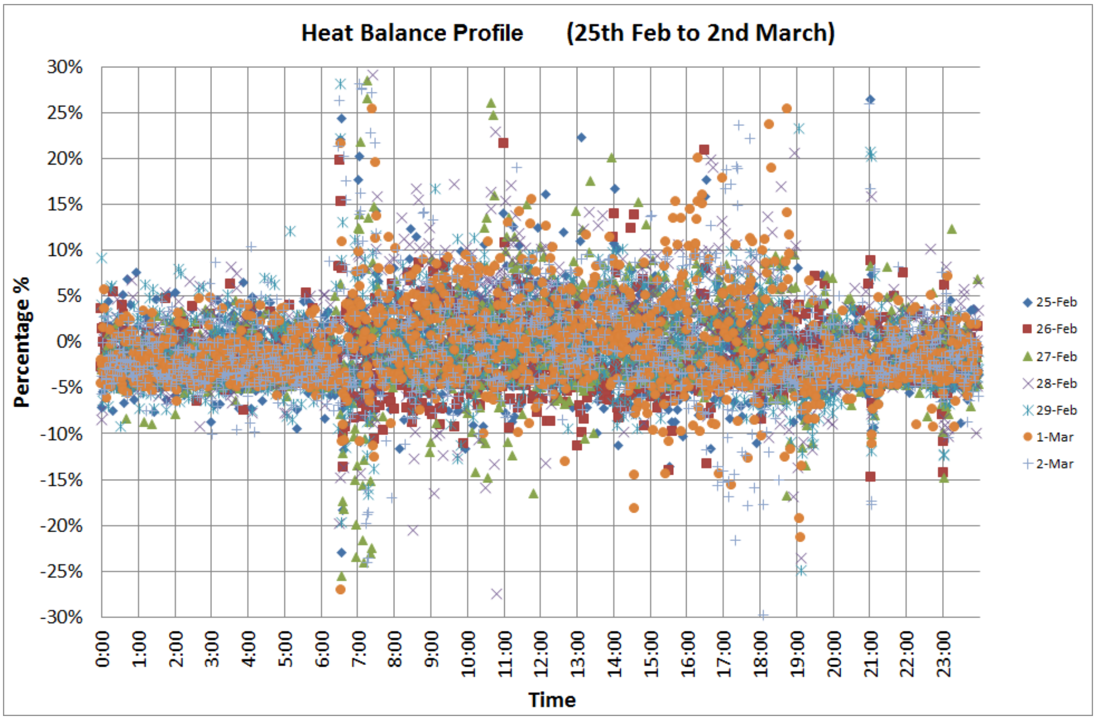
X ဝင်ရိုး(X axis)တွင် cooling load(RT) ပမာဏကို ဖော်ပြထားသည်။
Y ဝင်ရိုး(Y axis)တွင် system efficiency သို့မဟုတ် chiller efficiency ကို ဖော်ပြ၍ ရေးဆွဲလေ့ရှိသည်။

Cooling Load Vs System Efficiency graph ၏ ရည်ရွယ်ချက်မှာ မည်သည့် cooling load တွင် efficiency မည်မျှဖြင့် မောင်းနေသည်ကို ဖော်ပြရန် ဖြစ်သည်။

> Chiller များ၏ efficiency(kW/RT)သည် chiller ၏ loading(%) ပေါ်တွင် မူတည်၍ ပြောင်းလဲနေသည်။ kW/RT ဆိုသည်မှာ chiller တစ်လုံးသည် one tons (12,000 Btu/hr) ထုတ်ပေး နိုင်ရန်အတွက် အသုံးပြုရသော လျှပ်စစ်စွမ်းအား(electrical kW)မည်မျှ လိုအပ်သည်ကို ဖော်ပြခြင်း ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် chiller မှ ထုတ်သော refrigeration ton ကို အသုံးပြုသော လျှပ်စစ်စွမ်းအား(electrical kW)ဖြင့် စားထားခြင်းဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် kW/RT ၏ ပမာဏနည်းလေ chiller efficiency ပိုကောင်းလေ ဖြစ်သည်။
>
> Chiller plant အများစုတွင် cooling load များလာလေ efficiency ပိုကောင်းလာလေ ဖြစ်သည်။

တစ်ခါတစ်ရံ pump သို့မဟုတ် cooling tower တို့၏ efficiency ကို စစ်ဆေးရန်အတွက် Y ဝင်ရိုးတွင် pump သို့မဟုတ် CT ၏ efficiency(kw/RT)ဖြင့် graph ရေးဆွဲ(plot) လေ့ရှိသည်။
Point တစ်ခုသည် တစ်မိနစ်တွင် ရရှိသည့် ဒေတာဖြစ်သည်။

Chilled Water Plant Heat Balance



ပုံ ၁-၂ Chilled Water Plant Heat Balance

ပုံ(၁-၂)သည် heat balance profile ဖြစ်သည်။
X ဝင်ရိုး(X axis)တွင် အချိန်(time)ကို ဖော်ပြထားသည်။
Y ဝင်ရိုး(Y axis)တွင် percentage (%) ကို ဖော်ပြ၍ ရေးဆွဲလေ့ရှိသည်။

Heat Balance ပုံသေနည်းမှာ

Percentage of heat balancing formula

$$\boldsymbol{Q(evaporator) = m \times Cp \times \Delta T}$$

$$= CHW\ FLow\ Rate\ \left(\frac{L}{s}\right) \times Cp \times (CHWR\ [°C] - CHWS\ [°C])$$

$$\boldsymbol{Q(condenser) = m \times Cp \times \Delta T}$$

$$= CW\ Flow\ Rate\ \left(\frac{L}{s}\right) \times Cp \times (CWR\ [°C] - CWS\ [°C])$$

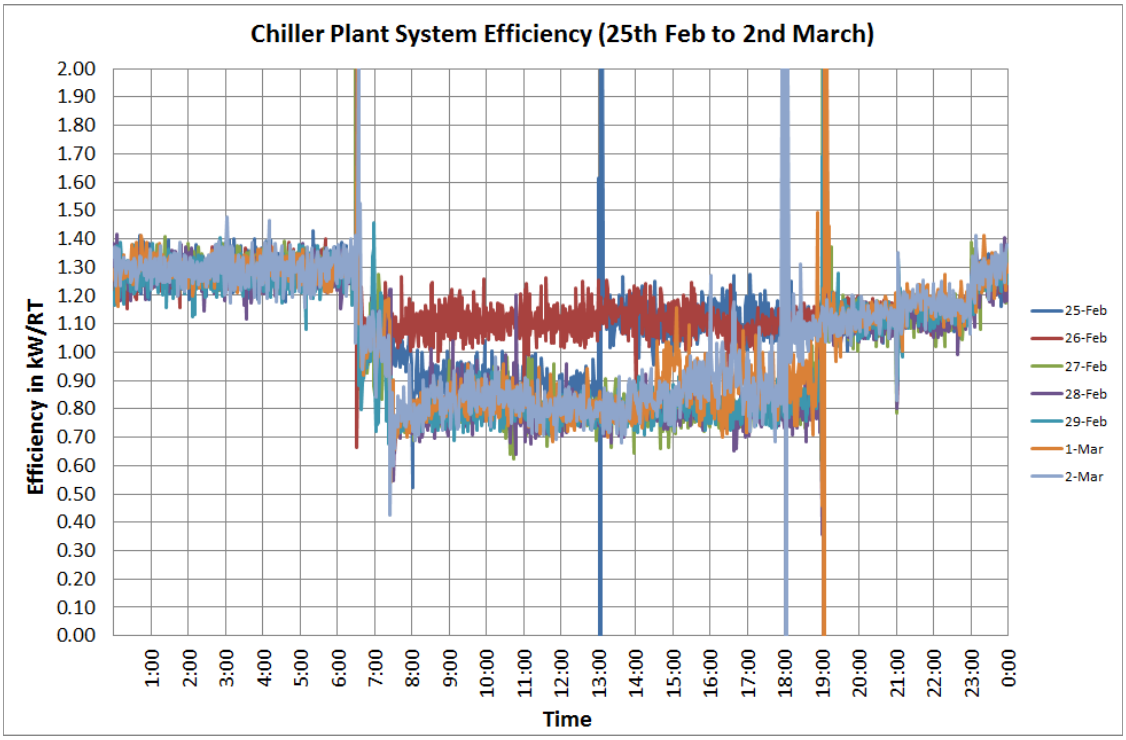
$$W_{input} = kW_{CH-1} + kW_{CH-2} + kW_{CH-3}$$

where Cp = 4.19 kJ/kg.°C & density of chilled water is assumed to be 1kg/liter

$$\boldsymbol{Percentage\ Heat\ Balance} = \left|\frac{(\mathbf{Q\ evaporator + W\ input) - Q\ condenser}}{\mathbf{Q\ condenser}}\right| \mathbf{x\ 100\%}$$

Heat balance သည် အဓိကအရေးကြီးသည့် ဂရပ်ဖြစ်သည်။ Efficiency မည်မျှမှန်ကန်သည်၊ တိုင်းတာထားသည့် cooling load (RT) မည်မျှ မှန်ကန်သည်ကို သက်သေပြရန်အတွက် heat balance ရေးဆွဲရခြင်း ဖြစ်သည်။ Heat balance ကောင်းလေ တိုင်းတာထားသည့် efficiency နှင့် cooling load (RT)တို့ ယုံကြည်စိတ်ချရမှု ပိုများလေ ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ပမာဏ မှန်ကန်သည့် ရာခိုင်နှုန်း ပိုများလေ ဖြစ်သည်။ Heat balance တွင် အပေါင်းတန်ဖိုး (+ value) နှင့် အနှုတ်တန်ဖိုး (- value) ဟူ၍ နှစ်မျိုးရှိသည်။ ထို့ကြောင့် Y ဝင်ရိုးကို တန်ဖိုး (၂)မျိုး (+ve and –ve)ဖြင့် ဖော်ပြပေးရသည်။ တိုင်းတာထားသည့် point များ၏ ၈၀% သည် +/- 5% အတွင်း၌ ရှိရမည်။ ရှိမှသာ တိုင်းတာသည့် ဒေတာများ စိတ်ချလက်ခံနိုင်သည့် အဆင့်ရှိသည်။

Chilled Water Plant System Efficiency



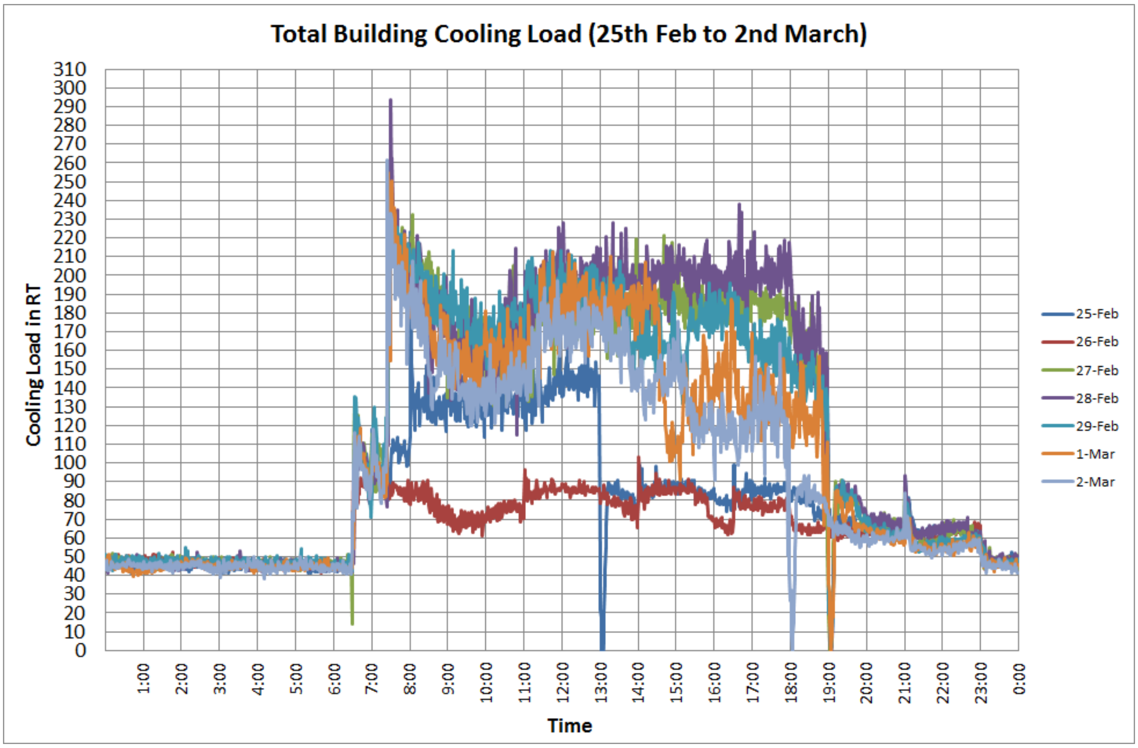
ပုံ ၁-၃

ပုံ(၁-၃)သည် System Efficiency graph ဖြစ်သည်။

X ဝင်ရိုး(X axis)တွင် အချိန်(time)ကို ဖော်ပြထားသည်။
Y ဝင်ရိုး(Y axis)တွင် System Efficiency (kW/RT) ကို ဖော်ပြ၍ ရေးဆွဲလေ့ရှိသည်။

ရည်ရွယ်ချက်မှာ မည်သည့်အချိန်၌ efficiency မည်မျှဖြင့် chiller plant မောင်းနေသည်ကို ဖော်ပြရန်အတွက် ဖြစ်သည်။ အထက်ပါပုံတွင် နေ့အချိန်တွင် ရရှိသည့် eff သည် ညအချိန်တွင် ရရှိသည့် eff ထက် ပိုကောင်းသည်။ Efficiency ၏ ယူနစ်သည် (kW/RT) ဖြစ်သောကြောင့် efficiency တန်ဖိုးနည်းလေ chilled water plant ၏ efficiency ကောင်းလေဖြစ်သည်။ ည(၇)နာရီ(19:00 hrs)မှ နောက်တစ်နေ့ နံနက်(၆)နာရီ (06:00 hrs)ခန့် အထိရရှိသည့် efficiency တူညီသော်လည်း နံနက်(၆)နာရီ (06:00 hrs)မှ ည ၇ နာရီ (19:00 hrs) အထိတွင် efficiency နှစ်မျိုး ကွဲပြားနေသည်။ ထိုအချက်ကို သိနိုင်ရန် တခြားဒေတာများဖြင့် စစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။

Building Cooling Load



ပုံ ၁-၄

ပုံ(၁-၄)သည် Building cooling load profile ဖြစ်သည်။

X ဝင်ရိုး(X axis)တွင် အချိန်(time)ကို ဖော်ပြထားသည်။

Y ဝင်ရိုး(Y axis)တွင် building cooling load(RT)ကို ဖော်ပြ၍ ရေးဆွဲလေ့ရှိသည်။

ရည်ရွယ်ချက်မှာအဆောက်အဦအတွက်မည်သည့်အချိန်၌ building cooling load(RT) မည်မျှ လိုအပ်သည်ကို ဖော်ပြရန်အတွက် ဖြစ်သည်။ ဤဂရပ်ကို chiller အရွယ်အစားရွေးချယ်ရာတွင် မဖြစ်မနေ အသုံးပြုရသည်။

ည(၇)နာရီ(19:00 hrs)မှ နောက်တစ်နေ့ နံနက်(၆)နာရီ (06:00 hrs)ခန့် အထိတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် building cooling load(RT) ပမာဏတူညီပြီး တည်ငြိမ်(stable)သော်လည်း နံနက်(၆)နာရီ (06:00 hrs)မှ ည ၇ နာရီ(19:00 hrs) အထိ cooling load အတက်အကျများသည်။ Fluctuation ဖြစ်သည်။ Fluctuation ဖြစ်သည့် အချက်ကို သိနိုင်ရန် တခြားဒေတာများဖြင့် စစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။

ဤဂရပ်တွင် (၇)ရက်(7 days)လုံးကို ဂရပ်တစ်ခုတည်းပေါ်တွင် တင်၍ ရေးဆွဲထားသည်။ တစ်ခါ တစ်ရံတွင် ရှင်းလင်းကွဲပြားစွာ နားလည်သဘောပေါက်စေရန် တနင်းလာမှ သောကြာနေ့အထိ(Monday to Friday)ကို ဂရပ်တစ်ခု ဖြင့်လည်းကောင်း စနေနေ့နှင့် တနင်္ဂနွေနေ(weekend (Saturday and Sunday) ကို ဂရပ်တစ်ခု ဖြင့်လည်းကောင်း သီးခြားခွဲ၍ ရေးဆွဲ(plot)လေ့ ရှိသည်။

အလယ်အလတ်စား ရုံးခန်း အဆောက်အဦ ဖြစ်သည်။ ခေတ်မီသည့် ရုံး၊ အဆောက်အဦများတွင် ကိုယ်ပိုင် ဒေတာစင်တာ(data center) များ ထားရှိကြသည်။ Data center များသည် (၂၄)နာရီ ပတ်လုံး အလုပ်လုပ်သည့် ကွန်ပျူတာများ၊ ဆာဗာ(server) ထားရှိရာ အခန်း ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် chilled water plant ကို (၂၄) နာရီ ပတ်လုံး မောင်းထားရသည်။ ညဘက်တွင် FCC Room များနှင့် တခြားသော အခန်းများကိုလည်း air

con ပေးထားရန် လိုအပ်သည်။ စနေနေ့ (၁၂) နာရီနောက်ပိုင်းတွင် building cooling load (RT) နည်းသွားသည်။

Peak Load သို့မဟုတ် Maximum Load

Peak cooling load သို့မဟုတ် maximum cooling load ဆိုသည်မှာ အဆောက်အဦတစ်ခု၏ အမြင့်ဆုံး cooling load ကို ဆိုလိုသည်။ အချိန်အခိုက်အတန့်သာ ကြာသည့် (မိနစ် ၃၀ ထက် နည်းသည့်) အမြင့်ဆုံး cooling load ကို peak load cooling load မဆိုနိုင်ပါ။

Off Peak Load

Off peak load ဆိုသည်မှာ peak load cooling load သို့မဟုတ် maximum cooling load ဖြစ်သည့်အခါမှ လွဲပြီး ကျန်အချိန်များတွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် cooling load များသည် "**off peak load**" များဖြစ်သည်။ Off peak load များသည့် ညနေရုံးဆင်းချိန်နောက်ပိုင်း၊ ညဘက် အဆောက်အဦ မပိတ်ခင်အချိန် စသည်တို့ ဖြစ်သည်။ တစ်ခုထက် ပိုများသော off peak load များလည်း ရှိနိုင်သည်။

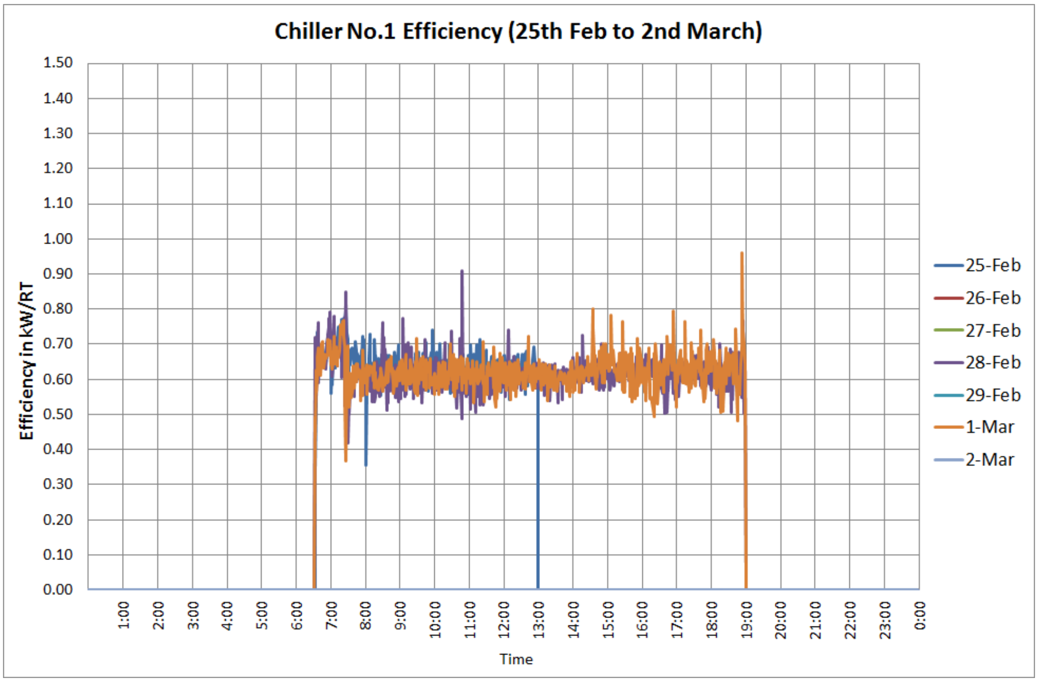
Night load

ညအချိန်တွင် ရှိသည့် cooling load ကို "**night load**"ဟု ခေါ်ဆိုလေ့ရှိသည်။ Server room များ၊ ကွန်ပျူတာခန်း(computer room) များ၊ data center များအတွက် လိုအပ်သည့် cooling load များသည် "**night load**" တွင် ပါဝင်ကြသည်။

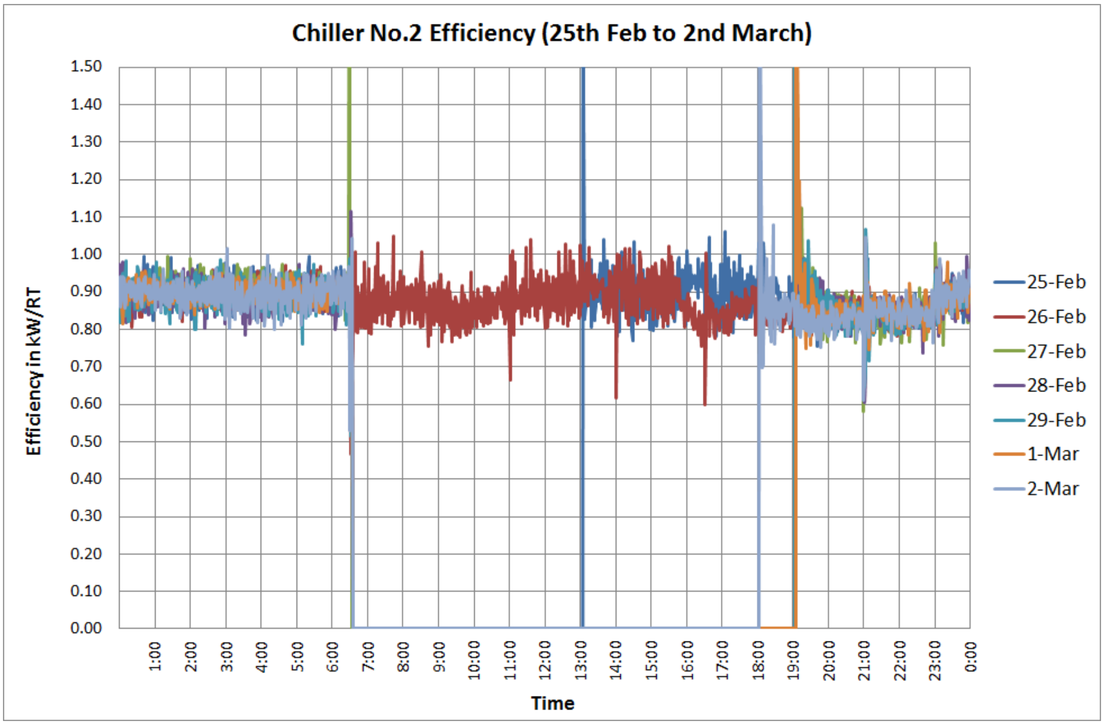
Weekend load

စနေနေ့နှင့် တနင်္ဂနွေနေ့(weekend)တို့တွင် ဖြစ်ပေါ်သော cooling load များကို "**weekend load**" ဟု ခေါ်ပြီး အထက်တွင် ဖော်ပြီး ဖြစ်သည်။

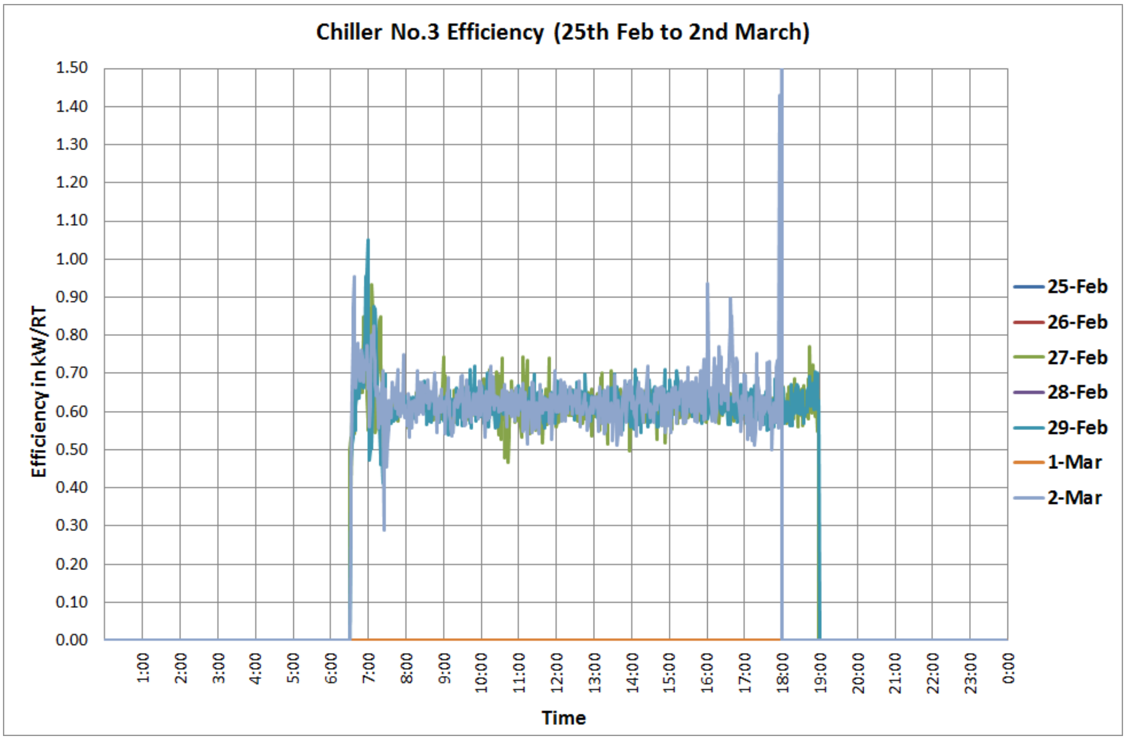
Individual Chiller Efficiency



ပုံ ၁-၅ Chiller CH-1 efficiency graph



ပုံ ၁-၆ Chiller CH-2 efficiency graph

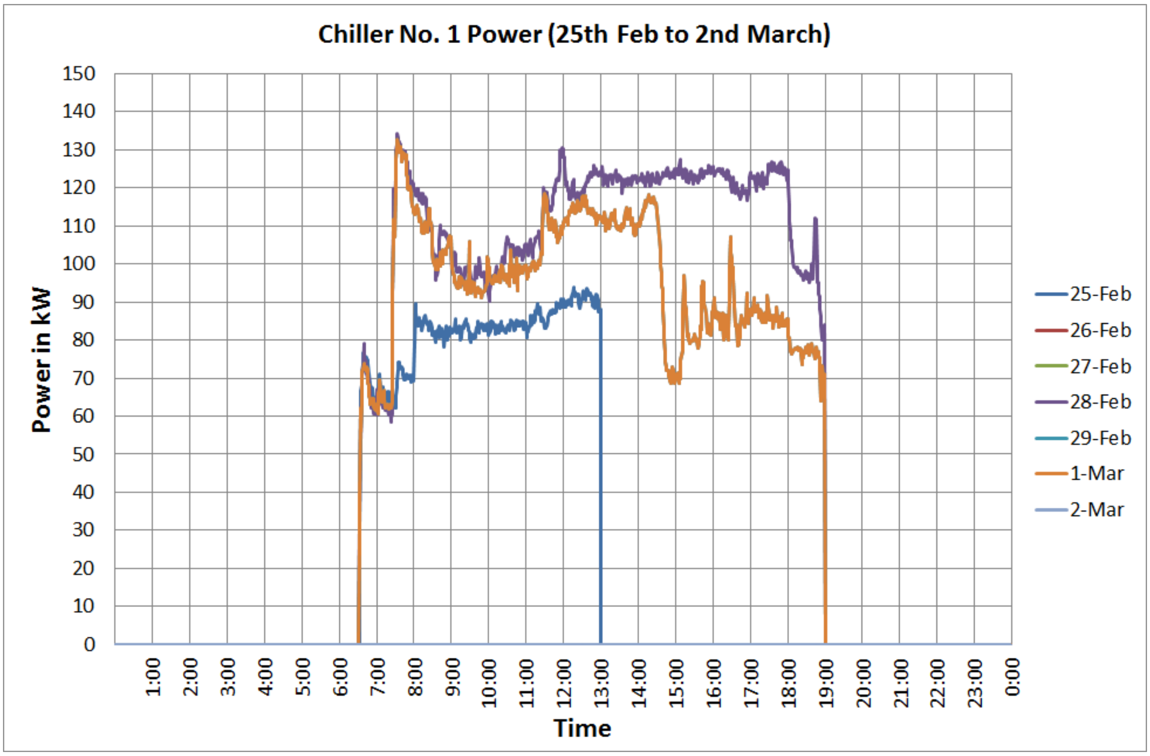


ပုံ ၁-၇ Chiller CH-3 efficiency graph

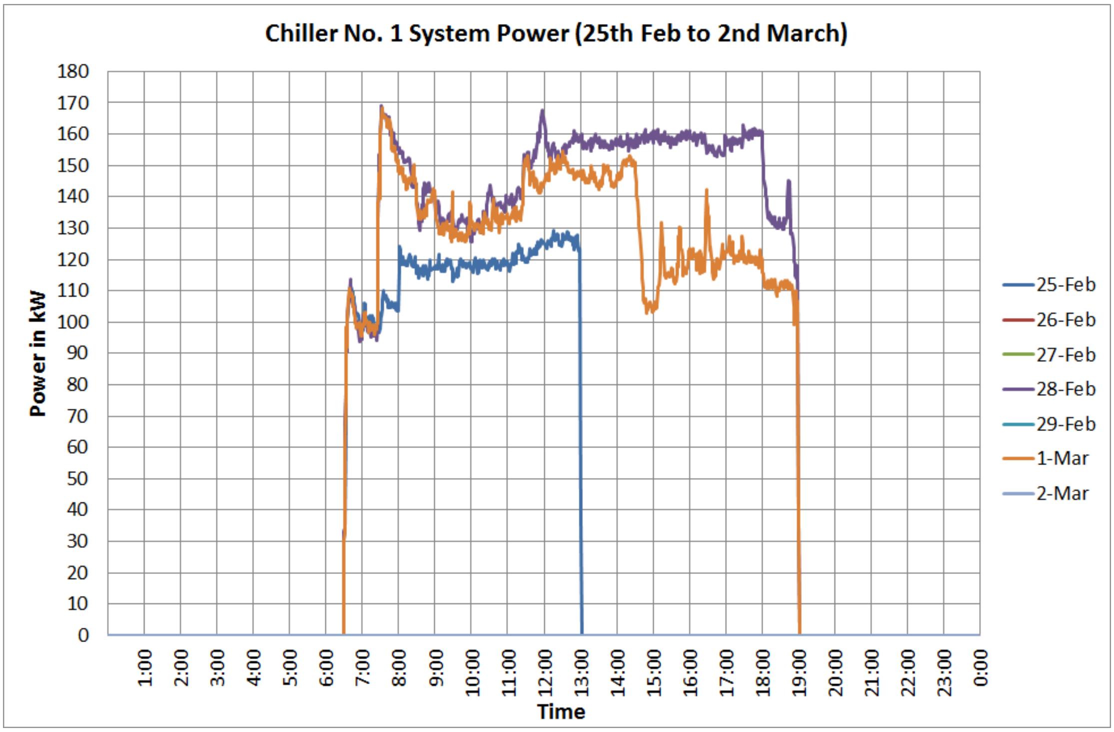
ပုံ (၁-၅)မှ (၁-၇) အထိတွင် chiller တစ်လုံးချင်းစီ၏ efficiency graph ကို ရေးဆွဲဖော်ပြထားခြင်း ဖြစ်သည်။

ရည်ရွယ်ချက်မှာ မည်သည့်နေ့၊ မည်သည့်အချိန်၌ မည်သည့် CH နံပါတ်က efficiency မည်မျှဖြင့် မောင်းနေသည်ကို ဖော်ပြရန်အတွက် ဖြစ်သည်။ အရွယ်တူ၊ အမျိုးအစားတူ chiller များဖြစ်လျှင် မည်သည့် အလုံးက မည်သည့်အလုံးထက် ပိုကောင်းသည် ၊ ပိုဆိုးသည်ကို လေ့လာဆန်းစစ်နိုင်သည်။ ထို့နောက် မည်သည့် အတွက် efficiency ပို ကောင်းသည် ၊ ပိုဆိုးသည်ကို တခြားဒေတာများနှင့် တွဲ၍ စစ်ဆေးနိုင်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် cooling load(RT) profile ၊ efficiency ၊ Hist စသည့် overall picture ကို ပေးနိုင်သည့် graph များကို ဦးစားပေး ဖော်ပြ၊ ဦးစားပေးလေ့လာပြီးမှ စိတ်ဝင်စားသည့် အချိန်၊ အချက်အလက်၊ ပြဿနာ အမျိုးအစားကို ရရှိပြီးမှ temperature ၊ flow rate(GPM) စသည့် detail picture များကို zoom ချဲ့၍ အသေးစိတ် လေ့လာသင့်သည်။

Chiller-1 and System-1 Power Consumption

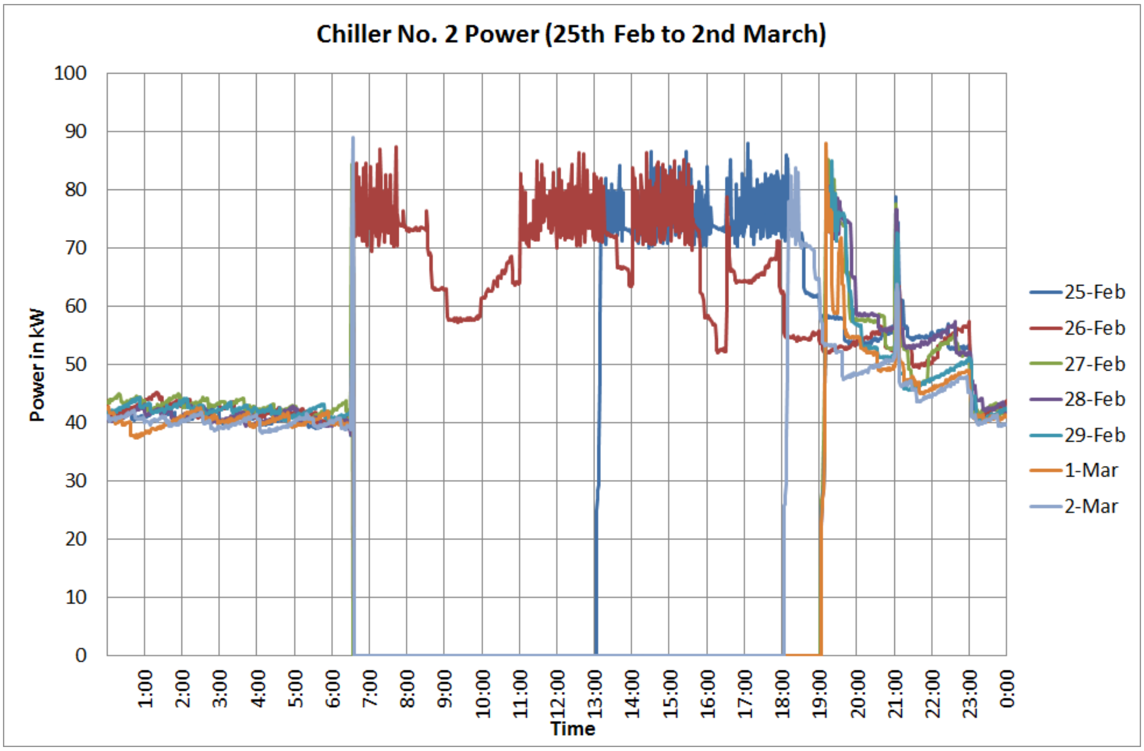


ပုံ ၁-၈ Chiller-1 Power Consumption

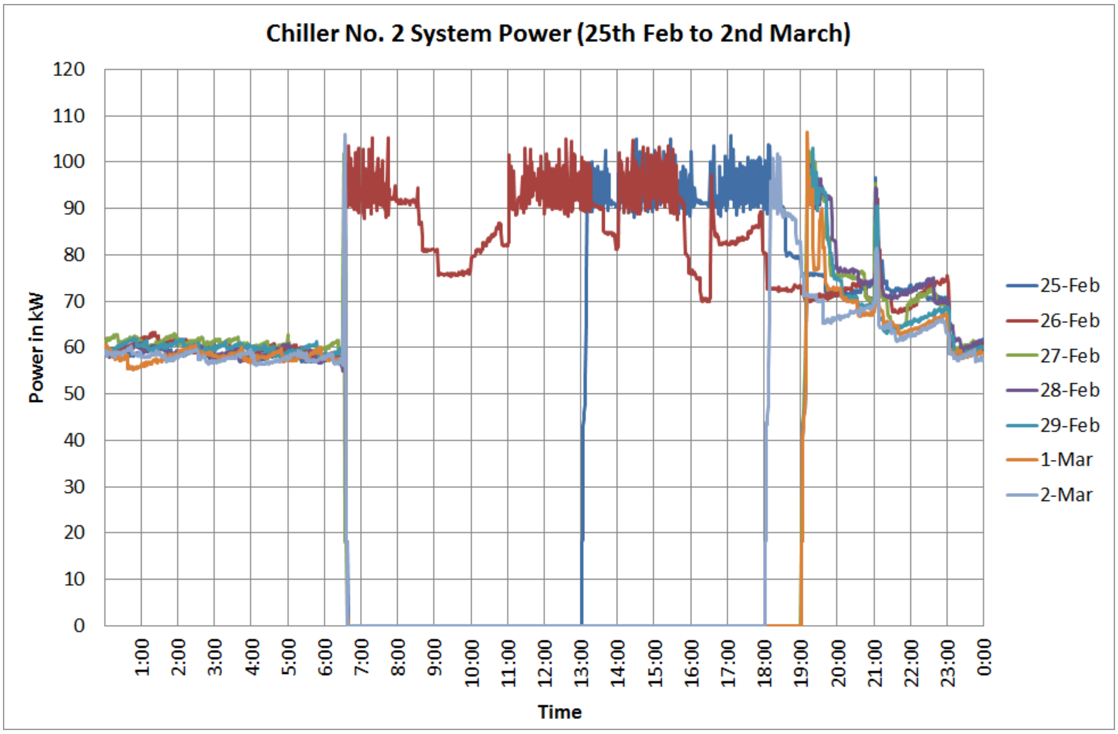


ပုံ ၁-၉ System-1 Power Consumption

Chiller-2 and System-2 Power Consumption

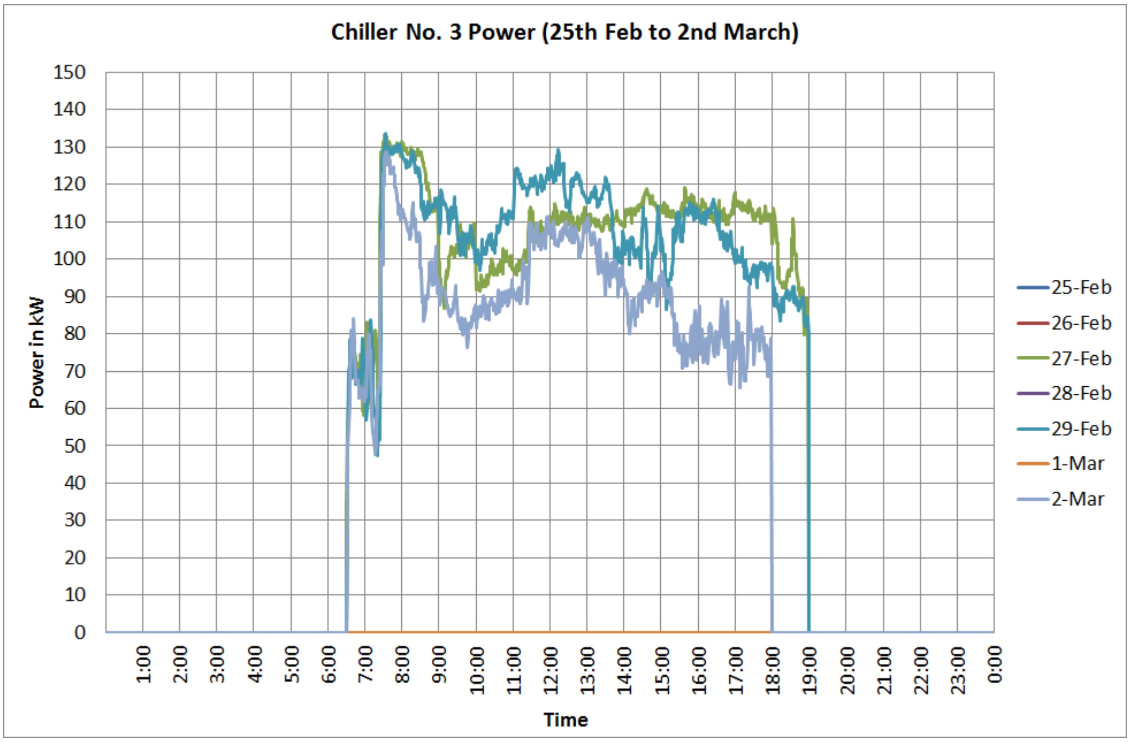


ပုံ ၁-၁၀ Chiller-2 Power Consumption

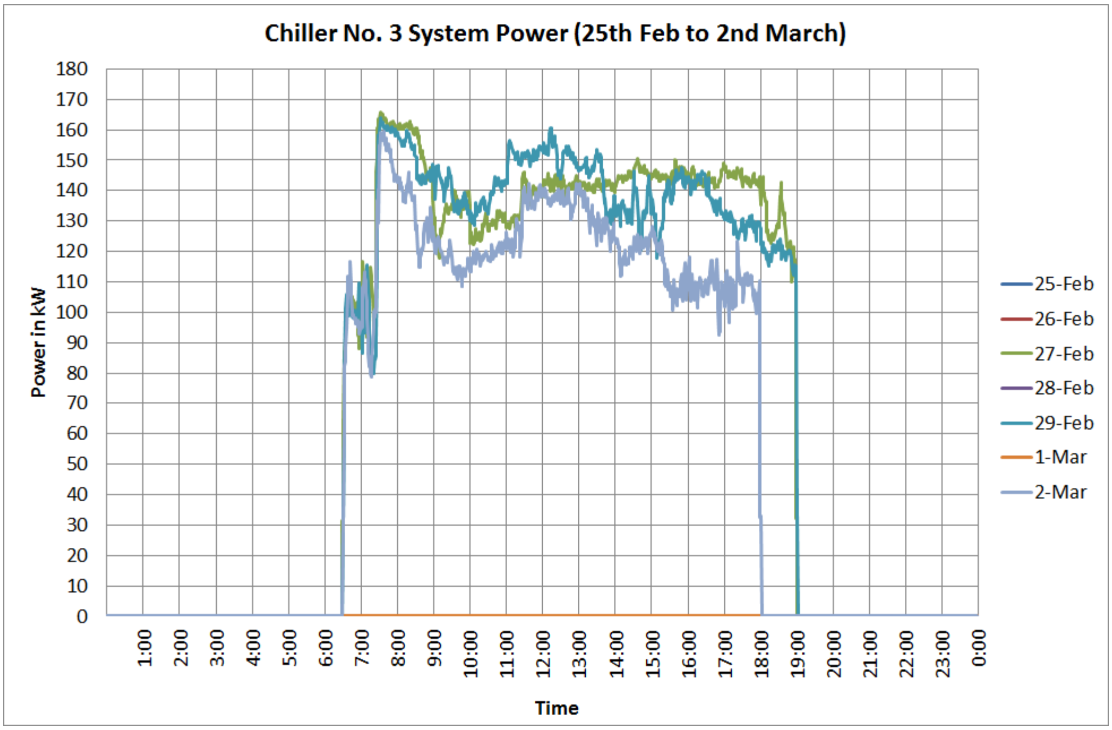


ပုံ ၁-၁၁ System-1 Power Consumption

Chiller-3 and System-3 Power Consumption



ပုံ ၁-၁၂ Chiller-3 Power Consumption



ပုံ ၁-၁၃ System-1 Power Consumption

ပုံ(၁-၈)မှ ပုံ(၁-၁၃)တို့တွင် chiller တစ်လုံးချင်းစီနှင့် System တစ်ခုချင်းစီတို့၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power consumption)ကို ဖော်ပြထားသည်။ System ဆိုသည်မှာ chiller တစ်လုံး၊ chilled water pump တစ်လုံး၊ condenser water pump တစ်လုံး နှင့် cooling tower တစ်လုံးတို့ပါဝင်သည်။ တစ်ခါတစ်ရံ cooling tower ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power consumption)ကို ထည့်သွင်းဖော်ပြလေ့မရှိပေ။

Header Chilled Water Flow Rate (GPM)

ပုံ(၁-၁၄)သည် Header chilled water flow rate (GPM) ဖြစ်သည်။

X ဝင်ရိုး(X axis)တွင် အချိန်(time)ကို ဖော်ပြထားသည်။
Y ဝင်ရိုး(Y axis)တွင် Header chilled water flow rate (GPM)ကို ဖော်ပြ၍ ရေးဆွဲလေ့ ရှိသည်။

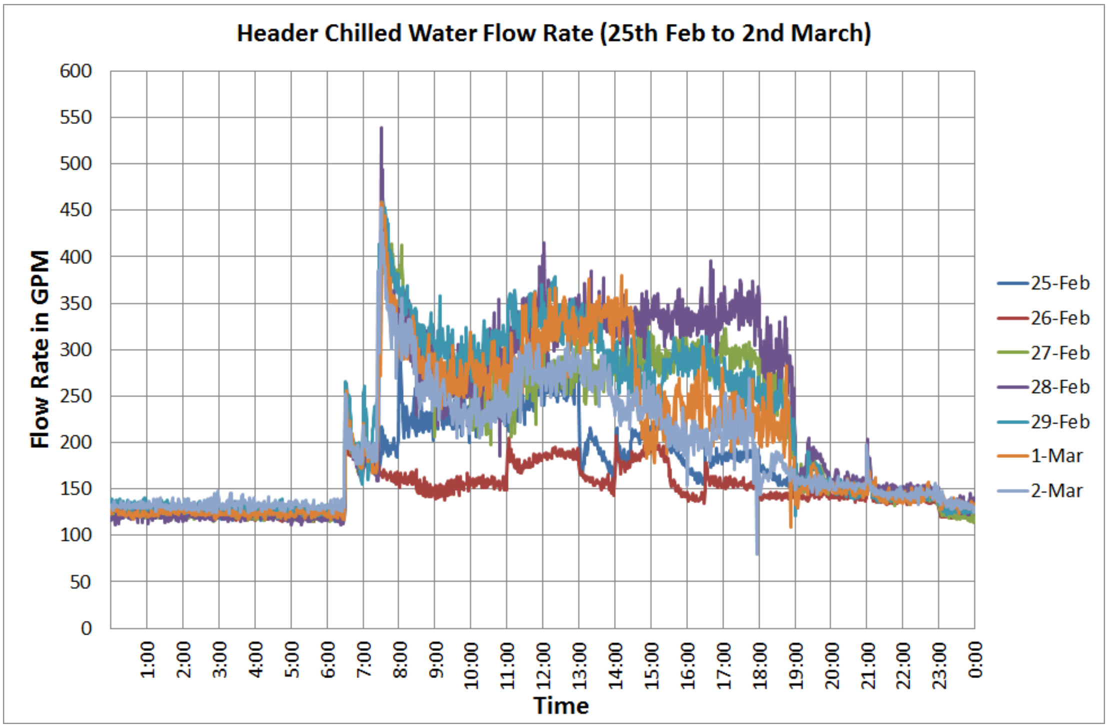
ယူနစ် (၂) မျိုးဖြင့် တိုင်းတာလေ့ရှိသည်။ GPM နှင့် L/S တို့ဖြစ်သည်။

Chilled water flow rate ကို chiller ၊ header သို့မဟုတ် riser စသည်တို့တွင် တိုင်းယူနိုင်သည်။ ယခုဥပမာတွင် header ၌တိုင်းယူထားသည်။

ရည်ရွယ်ချက်မှာ မည်သည့်အချိန်၌ chilled water system သည် flow rate (GPM) မည်မျှ လိုအပ်သည်ကို ဖော်ပြရန်အတွက် ဖြစ်သည်။

Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute (AHRI) က သတ်မှတ်ပြဌာန်းထားသော စံ(standard) အရ chilled water supply temperature သည် 6.7°C ဖြစ်ပြီး chilled water return temperature သည် 12.2°C ဖြစ်သည်။ စံ ရေလည်ပတ်နှုန်း(standard chilled water flow rate)သည် 1 RT အတွက်

တစ်မိနစ်လျှင်(၂.၄)ဂါလန်နှုန်း(2.4 USGPM) ဖြစ်သည်။ လျှပ်စစ် ဓာတ်အားဖြင့် မောင်းသည့် chiller အမျိုးအစားများတွင် ထို chilled water ရေလည်ပတ်နှုန်း(standard chilled water flow rate)ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။



ပုံ ၁-၁၄ Header chilled water flow rate graph

ပုံ(၁-၁၄) graph မှ သိနိုင်သည့် အချက်များမှာ

(၁) အချိန်တိုင်း chilled water flow rate ပမာဏသည် အနည်းဆုံး 100 GPM ထက် ကျော်နေသောကြောင့် chilled water plant (၂၄) နာရီ ပတ်လုံး မောင်းနေသည့် plant ဖြစ်သည်ဟု ဆုံးဖြတ်နိုင်သည်။

(၂) ညပိုင်းတွင် flow rate တည်ငြိမ်ပြီး နေ့ပိုင်းတွင် flow rate အတက်အကျ များသည်။ အဘယ်ကြောင့် နေ့ပိုင်းတွင် flow rate အတက်အကျ များသည်ကို ဆန်းစစ်လေ့လာရမည်။

(၃) Header chilled water flow rate အတက်အကျများသောကြောင့် သို့မဟုတ် ရှိသောကြောင့် variable chilled water flow system ဟု သိနိုင်သည်။

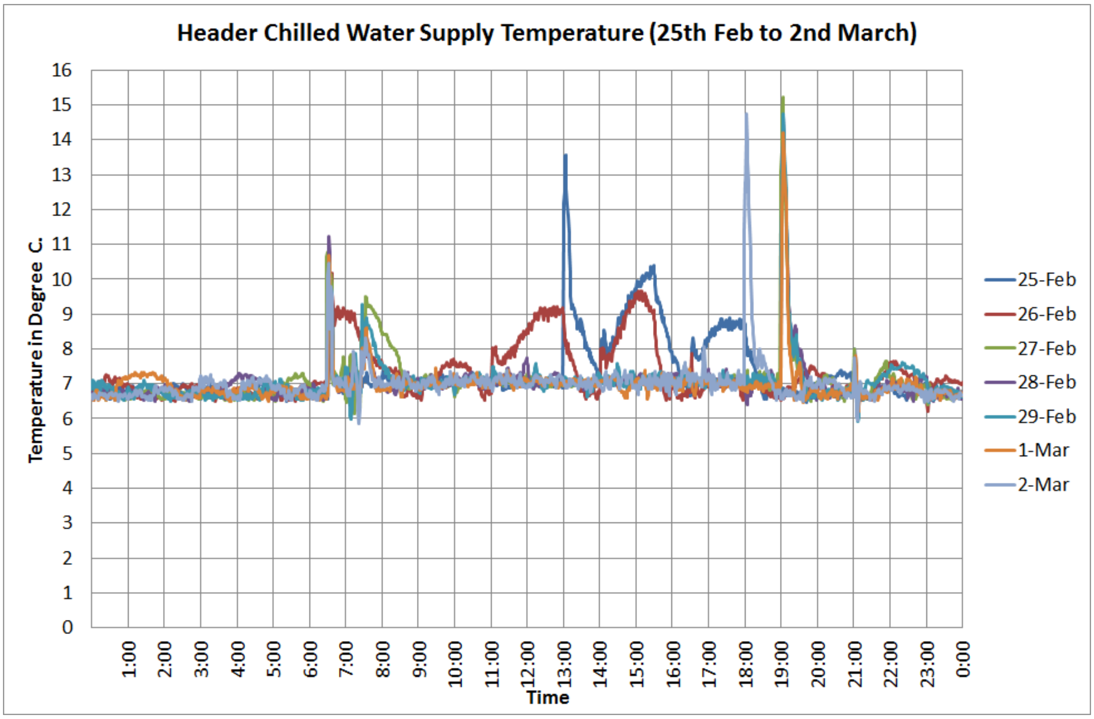
(၄) Header chilled water flow rate အတက်အကျဖြစ်ခြင်း(fluctuation) များလျှင် cooling load (RT) လည်း အတက်အကျများလိမ့်မည်။ မှန်၊ မမှန်ကို cooling load (RT) နှင့်ယှဉ်၍ လေ့လာရမည်။

Header chilled water flow rate ကို တိုင်းနိုင်သည့်နေရာ (၂)မျိုးရှိသည်။ Chiller တစ်လုံးချင်းစီ၏ အဝင်၏(entering/return) သို့မဟုတ် အထွက်(leaving/supply) နေတွင် တိုင်းနိုင်သည်။ အဆင်ပြေလျှင် အဝင်(entering/return) နေရာ၌ တိုင်းရန် တိုက်တွန်း လိုသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် CHW temp မြင့်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။

Riser များတွင် သို့မဟုတ် Header တွင် တိုင်းနိုင်သည်။ ဤ Audit တွင် CHW အတွက် header တွင် temperature နှင့် flow ကို တိုင်းယူသည်။ Condenser ဘက်တွင် chiller တစ်လုံးချင်းစီတွင် temperature နှင့် flow ကို တိုင်းယူသည်။

Evaporator သည် heat exchanger တစ်ခုဖြစ်သောကြောင့် chilled water စီးနှုန်း(flow rate) ပြောင်းလဲလျှင် performance ပြောင်းလဲသည်။ Chilled water စီးနှုန်း(flow rate)များသောကြောင့် ရေအလျင်(water velocity) ပိုများပြီး တိုက်စားပွန်းတီးမှု(erosion)၊ တုန်ခါမှု(vibration) ၊ အသံဆူညံမှု(noise) စသည်တို့ ဖြစ်ပေါ် နိုင်သည်။ စီးနှုန်း (flow rate) မလုံလောက်သည့်အခါ heat transfer efficiency ညံ့ဖျင်း သောကြောင့် chiller performance ညံ့သည်။ စီးနှုန်း(flow rate)နည်းသောကြောင့် fouling ဖြစ်မှု ပိုများနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ထုတ်လုပ်သူများက သတ်မှတ်ပေးထားသည့် အနိမ့်ဆုံးစီးနှုန်း(minimum flow)ထက် ပိုမနည်းအောင် ဂရုစိုက်ရန် လိုအပ်သည်။

Header Chilled Water Supply Temperature

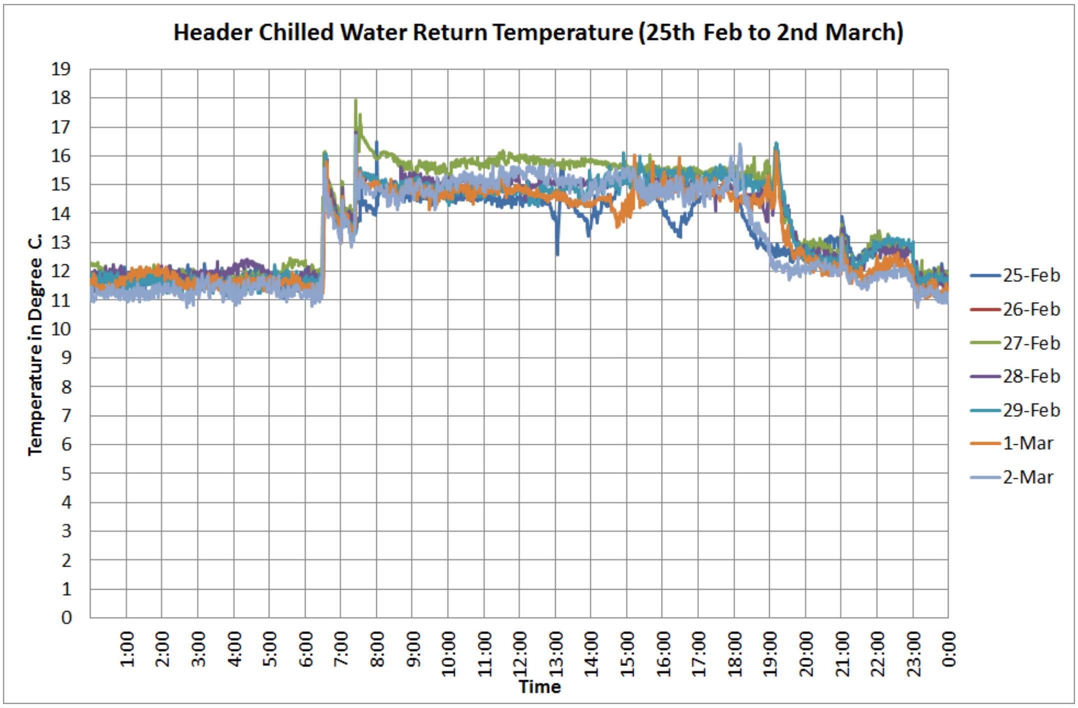


ပုံ ၁-၁၅ Header Chilled Water Supply Temperature

Comfort cooling system များအတွက် ဒီဇိုင်း chilled water supply (leaving) temperature သည် 6.7°C (44°F) ခန့် ဖြစ်သည်။ ပုံ (၁-၁၅) အရ လေ့လာနေသည့် chilled water plant ၏ CHW supply temperature သည် AHRI conditioning အတိုင်းမောင်းနေသည့်ဟု ယူဆနိုင်သည်။ (အနည်းငယ် အပူချိန်(CHW supply temperature) မြင့်တက်ခြင်း ဖြစ်နေသော်လည်း)

အကယ်၍ ပိုနိမ့်သည့် chilled water supply (leaving) temperature ဖြင့် မောင်းလျှင် chiller efficiency ပိုဆိုးဝါးလိမ့်မည်။ အဘယ်ကြောင့် ဆိုသော် chiller တစ်လုံးတွင် leaving chilled water temperature ကျဆင်းစေရန်အတွက် refrigerant temperature နှင့် pressure ကို နိမ့်ကျအောင် ပြုလုပ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ ထို့အတူ leaving chilled water temperature မြှင့်တင်လိုက်လျှင် refrigerant temperature နှင့် pressure မြင့်တက်လာလိမ့်မည်။ ထို့ကြောင့် leaving chilled water temperature ပြောင်းလဲလျှင် compressor work လည်းလိုက်၍ ပြောင်းလဲသည်။ Chiller တစ်မျိုးတည်း၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(energy consumption)ထက် system တစ်ခုလုံး၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို အလေးပေး စဉ်းစားသင့်သည်။

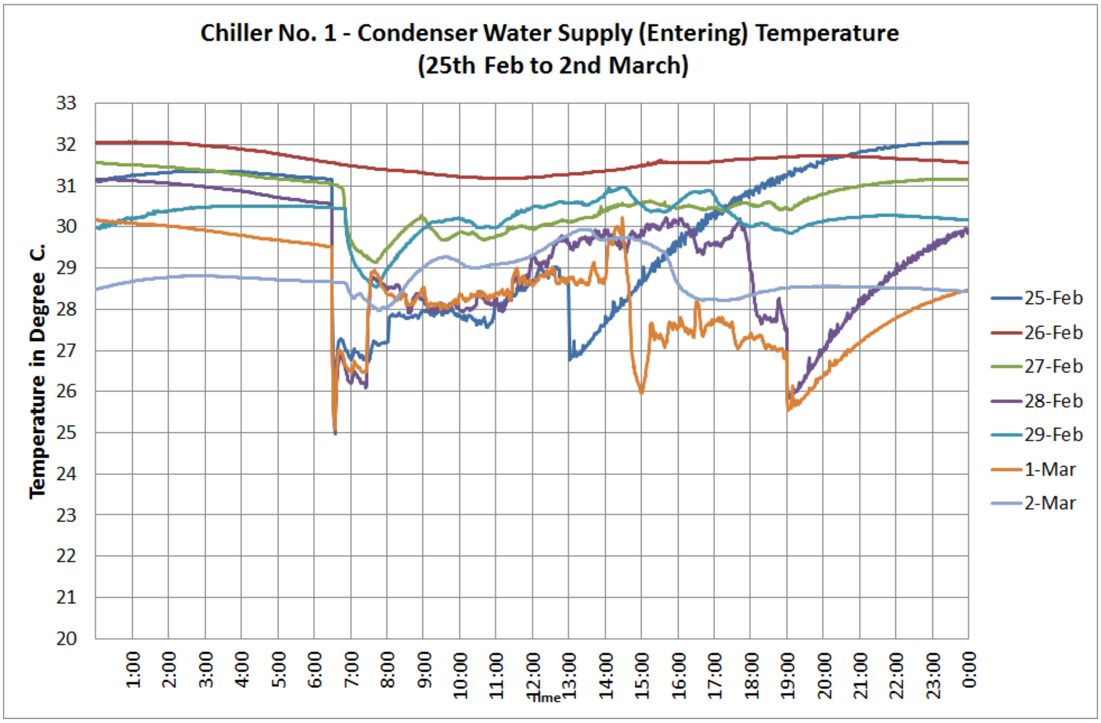
Leaving chilled water temperature ကို နိမ့်ချလိုက်ခြင်းကြောင့် chiller တွင် စွမ်းအင် သုံးစွဲမှု ပိုများသော်လည်း pump တွင် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု လျော့နည်းသွားလိမ့်မည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် chilled water temperature နိမ့်သည့်အခါ လိုအပ်သည့် စီးနှုန်း(flow rate) လျော့နည်းသွားသောကြောင့် ဖြစ်သည်။



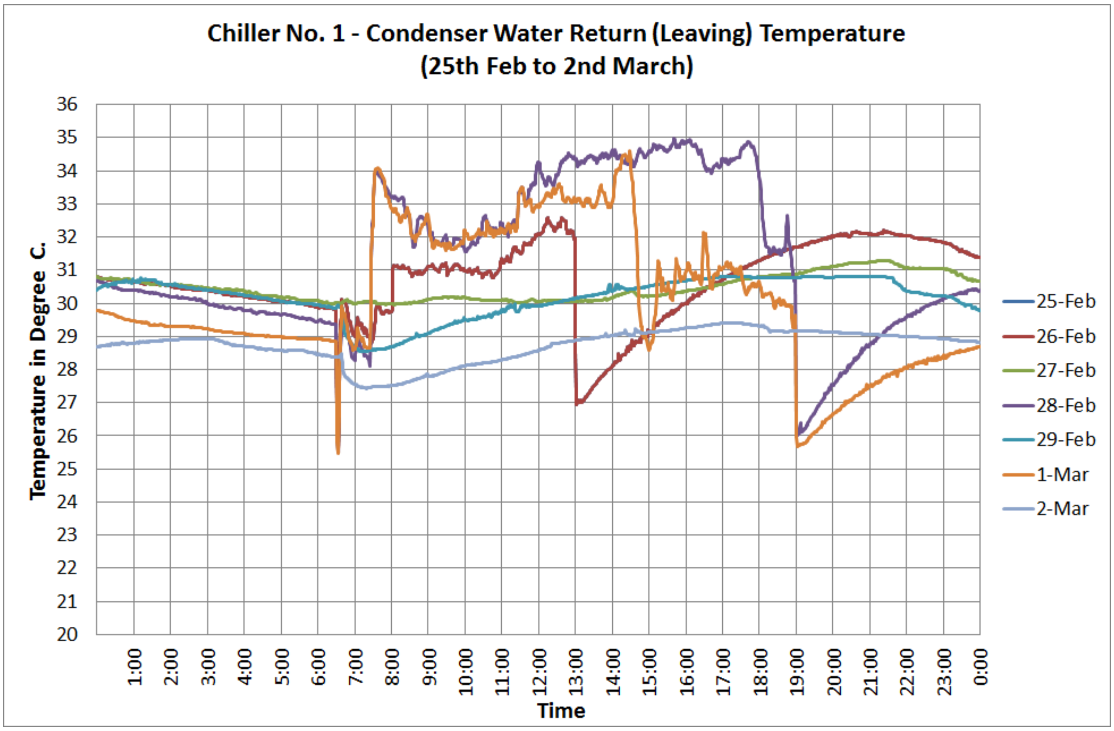
ပုံ ၁-၁၆ Header Chilled Water Return Temperature

Individual Chiller Condenser Water Temperature

Chiller No. 1



ပုံ ၁-၁၇ Chiller No.-1 Condenser Water Supply Temperature



ပုံ ၁-၁၈ Chiller No.-1 Condenser Water Return Temperature

Condenser Water Temperature

ယခုခေတ်တွင် ထုတ်လုပ်ထားသည့် chiller များအားလုံးကို entering condenser water temperature ပြောင်းလဲ၍ မောင်းနိုင်အောင် ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည်။ Design temperature မှ ခွင့်ပြုထားသည့် အနိမ့်ဆုံးအပူချိန် (lowest allowable temperature)အတွင်းသာ မောင်းနိုင်သည်။ လွန်ခဲ့သည့်အချိန်က ထုတ်လုပ်ထားသည့် chiller အဟောင်းများသည် သတ်မှတ်ထားသည့် condenser water temperature အတွင်း၌သာ မောင်းနိုင်သည်။

Effect of Condenser Water Temperature

Chiller တစ်လုံးတွင် entering condenser water temperature မြင့်တက်လျှင် refrigerant temperature နှင့် pressure တို့လည်း မြင့်တက်လာသည်။ Entering condenser water temperature နိမ့်လျှင် refrigerant အပူချိန်(temperature) နှင့် ဖိအား(pressure) နိမ့်သောကြောင့် compressor ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power consumption) လျော့နည်းသည်။ Entering condenser water temperature ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု (power consumption)လည်း ပြောင်းလဲသည်။ Chiller တစ်မျိုးတည်းထက် system တစ်ခုလုံး၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု (energy consumption)ကို အလေးပေး စဉ်းစားသင့်သည်။ Entering condenser water temperature မြင့်တက်လာခြင်းကြောင့် chiller efficiency ညံ့ဖျင်းသည်။

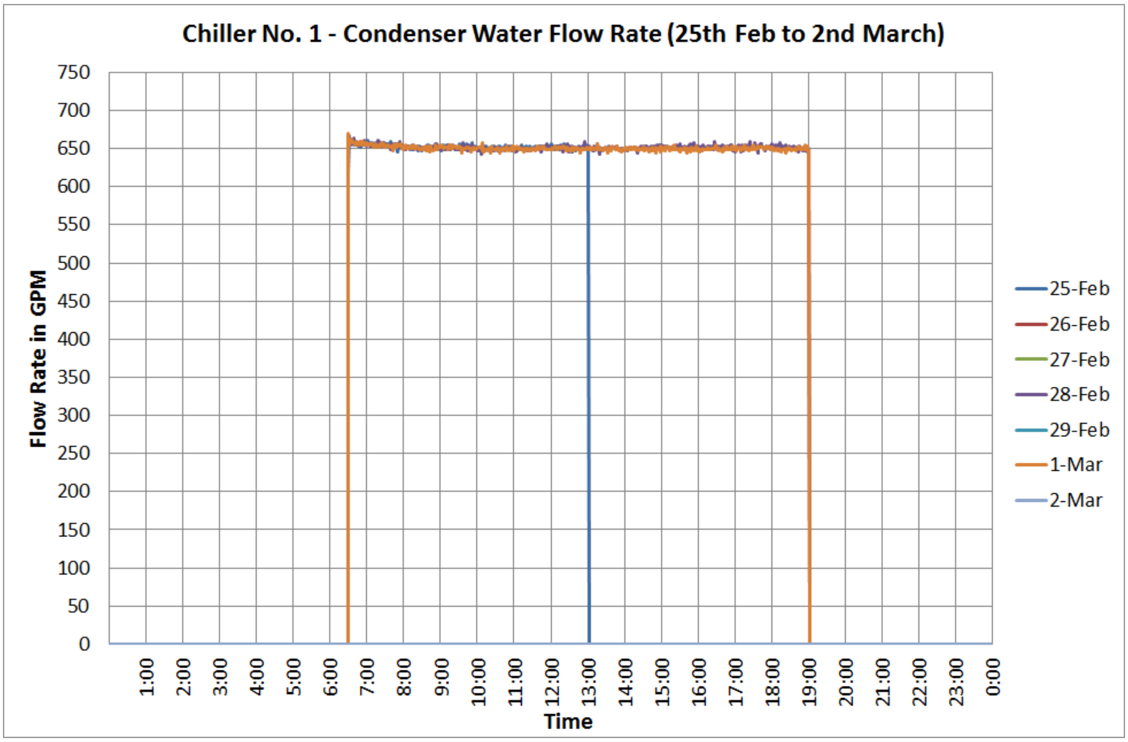
Effect of Condenser Water Flow Rate

Condenser သည် heat exchanger တစ်ခုဖြစ်သောကြောင့် ရေစီးနှုန်း(water flow rate) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ စီးနှုန်း(flow) ပိုများသောကြောင့် ရေအလျင်(water velocity) ပိုများပြီး တိုက်စားပွန်းတီးမှု (erosion)၊ တုန်ခါမှု(vibration)၊ အသံဆူညံမှု(noise) စသည်တို့ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ စီးနှုန်း(flow rate) မလုံလောက် သောကြောင့် heat transfer efficiency ညံ့ဖျင်းသည်။ Chiller performance ညံ့ဖျင်းသည်။ Chiller စတင် မောင်းသည့် အခြေအနေများ(startup conditions)မှ လွဲ၍ condenser water flow သည် သတ်မှတ်ထားသည့် ကန့်သတ်ချက်များ (specific range of limits) အတွင်း ရှိအောင် ပြုလုပ်သင့်သည်။

အချိန်အတော်ကြာအောင် water velocity ကျဆင်းနေလျှင် condenser tube များ အတွင်း၌ ရေများသည် ရေစေး(water hardness) ဖြစ်နိုင်သည်။ Fouling ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ ရေစေး(water hardness) မဖြစ်ပေါ်စေရန် tube များအတွင်း၌ ရှိသင့်သည့် အနိမ့်ဆုံး velocity သည် 3.51 ft/s (1.07 m/s) ထက် မနည်းသင့်ပေ။

AHRI 550/590 က သတ်မှတ်ပေးထားသည့် flow rate မှာ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

- 2.4 gpm/ton [0.043 liter per second/kW] for evaporator water flow rate
- 3.0 gpm/ton [0.054 lps/kW] for condenser water flow rate

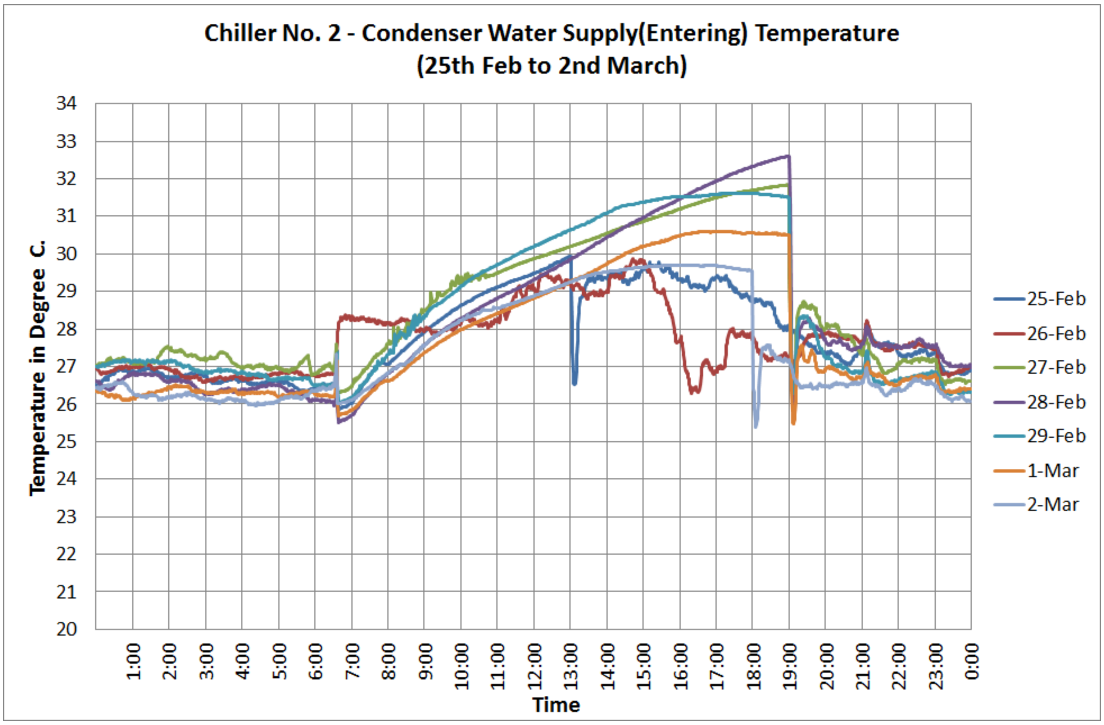


ပုံ ၁-၁၉ Chiller No.-1 Condenser Water Flow Rate

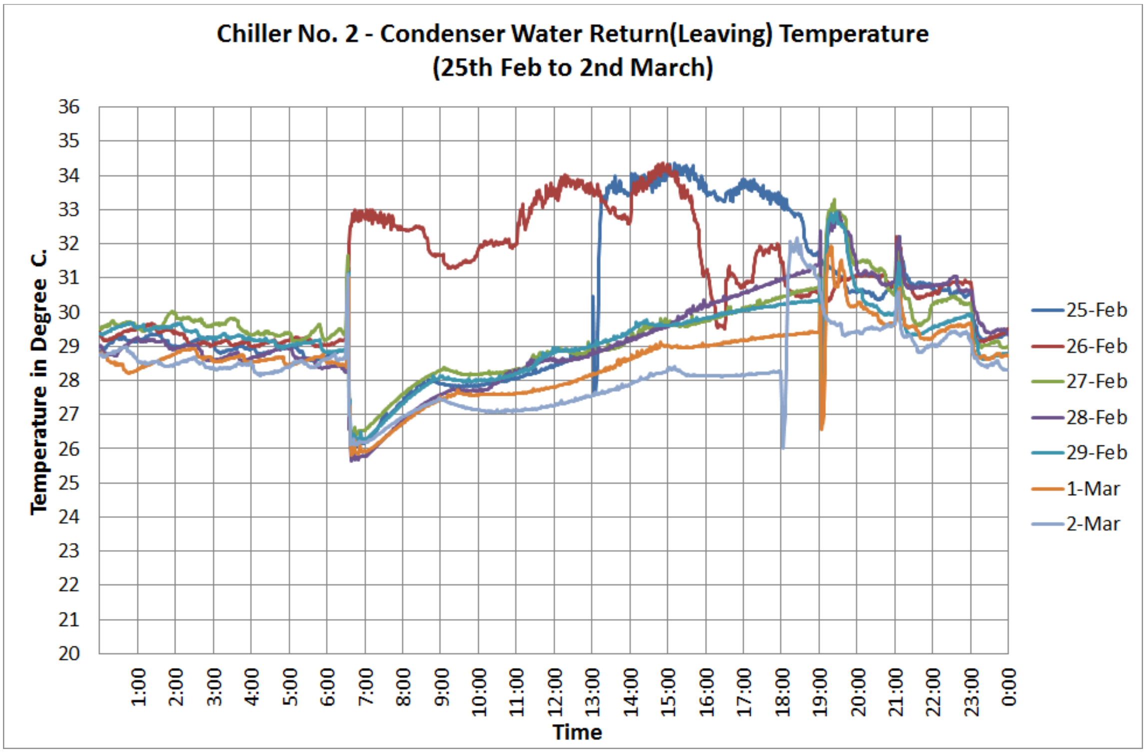
Chiller No.-1 အတွက် Condenser Water Supply Temperature ၊ Condenser Water Return Temperature နှင့် Condenser Water Flow Rate တို့ကို တိုင်း၍ graph တစ်ခုချင်းစီဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။ ဤကဲ့သို့ parameter တစ်ခုအတွက် ပုံတစ်ပုံဖြင့် ရေးဆွဲခြင်းသည် ရှင်းလင်းသော်လည်း လေ့လာဆန်းစစ်ရန် အနည်းငယ် ခက်ခဲသည်။

Condenser Water Supply Temperature ၊ Condenser Water Return Temperature နှင့် Condenser Water Flow Rate တို့ကို graph ပေါ်တွင် တင်၍ ရေးဆွဲသင့်သည်။ Graph ဆွဲရန် ခက်ခဲသော်လည်း လေ့လာ ဆန်းစစ်သူအတွက် အလွန် အဆင်ပြေသည်။

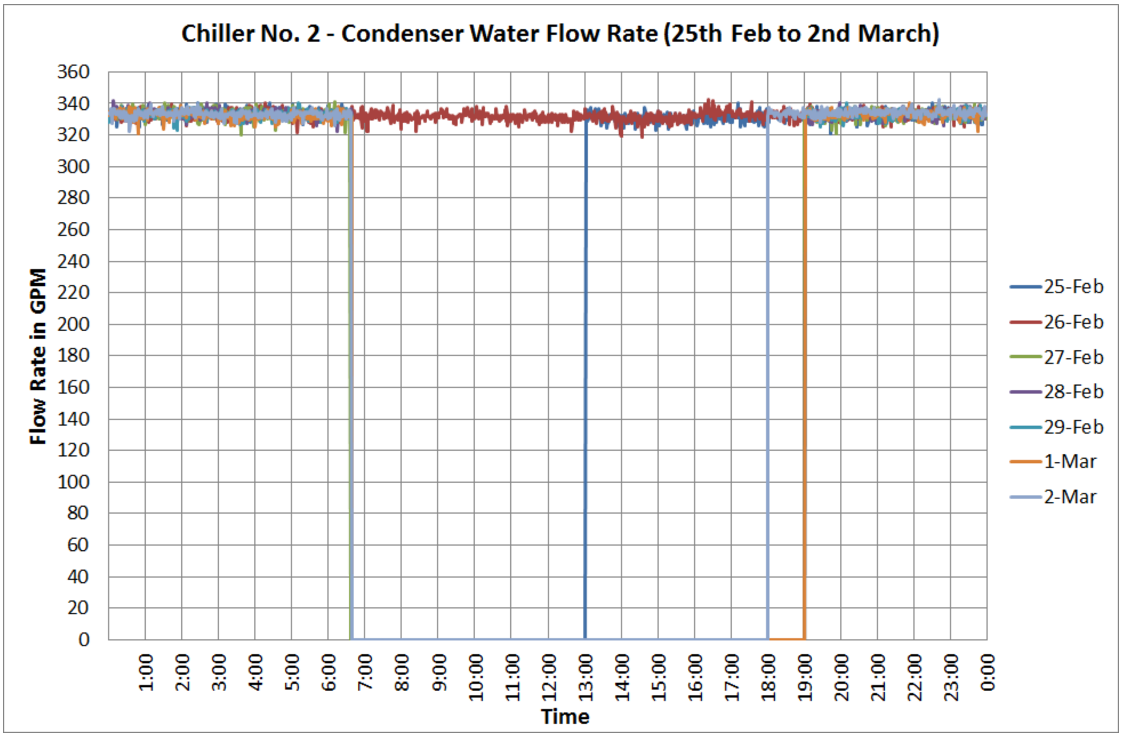
Individual Chiller Condenser Water Temperature (CH-2)



ပုံ ၁-၂၀ Chiller No.-2 Condenser Water Supply Temperature



ပုံ ၁-၂၁ Chiller No.-2 Condenser Water Return Temperature

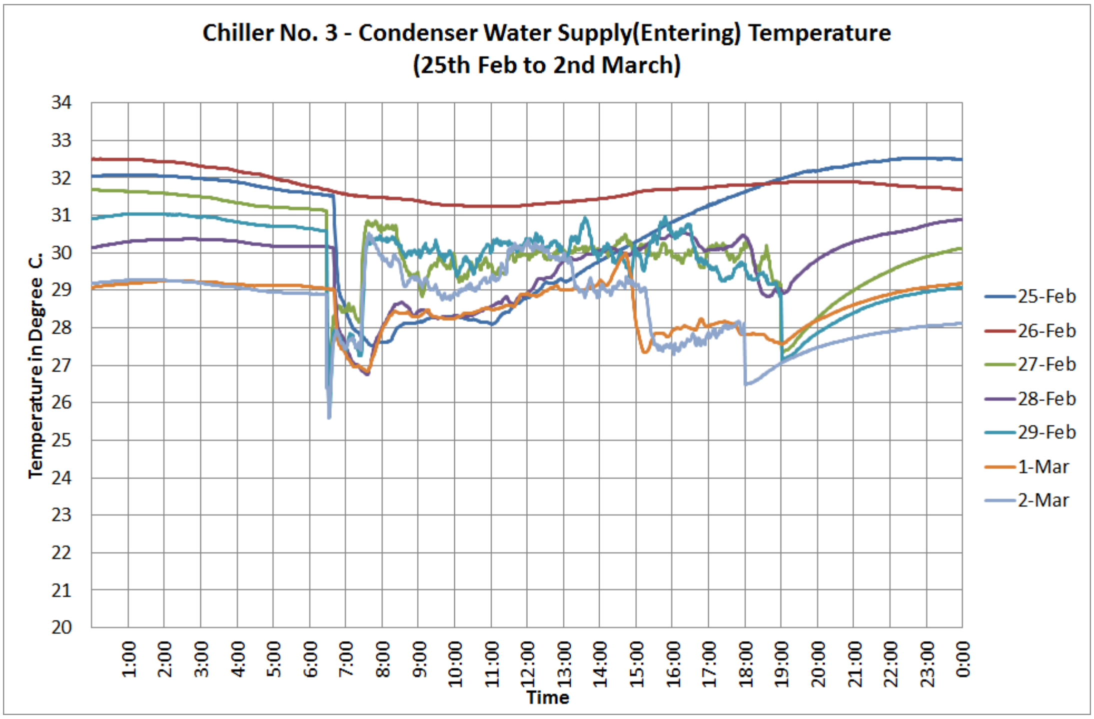


ပုံ ၁-၂၂ Chiller No.-1 Condenser Water Flow Rate

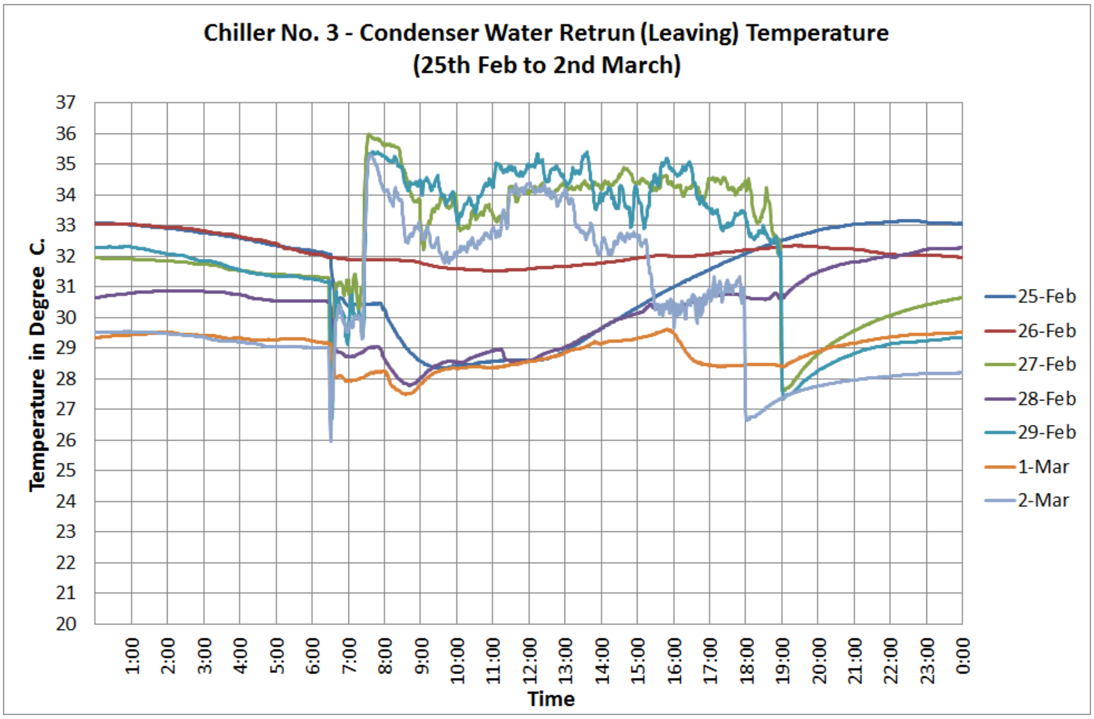
Condenser water flow rate သည် အတက်အကျ(fluctuation) မဖြစ်ပေါ်ပေ။ ထို့ကြောင့် constant speed ဖြင့် မောင်းသည်ဟု ဆုံးဖြတ်နိုင်သည်။ cooling load နည်းသည်ဖြစ်စေ၊ များသည်ဖြစ်စေ CDW flow မပြောင်းလဲပေ။ ပုံ xx cooling load profile တွင် ကြည့်ပါက ညဘက်တွင် RT အနည်းငယ်သာရှိသော်လည်း Condenser water flow rate သည် RT များသည့် အချိန်၌မောင်း နေသည့် အတိုင်းဖြစ်သည်။

ည(၁၁)နာရီ(23:00 hrs)မှ နောက်တစ်နေ့ (၆)နာရီ (06:00 hrs) တွင် ဖြစ်ပေါ်သည့် cooling load သည် 125 RT ခန့်သာ ဖြစ်သည်။ ထိုအချိန် condenser water flow rate သည် 330 GPM ခန့်ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် GPM ကို RT ဖြင့် စားလျှင် GPM/RT ရသည်။(330 GPM/125 RT) AHRI က သတ်မှတ်ထားသည့် စံအရ 1 RT လျှင် 3.0 GPM နှုန်းဖြစ်သည်။

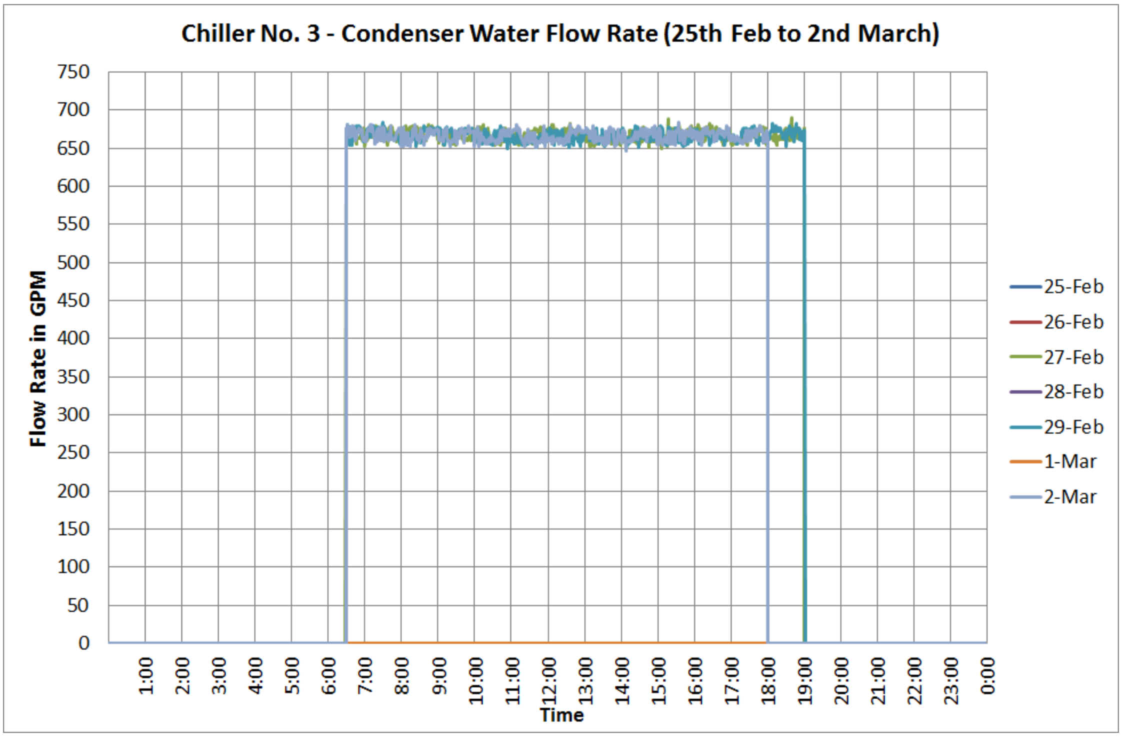
Individual Chiller Condenser Water Temperature (CH-3)



ပုံ ၁-၂၃ Chiller No.-3 Condenser Water Supply Temperature



ပုံ ၁-၂၄ Chiller No.-3 Condenser Water Return Temperature



ပုံ ၁-၂၅ Chiller No.-3 Condenser Water Flow Rate

- End -