Chilled Water Plant

Contents

၁၂.၁ Over view of Chiller Plant Room 2

၁၂.၂ Circuit အခေါ်အဝေါ်များ (Naming of Circuit) 2

၁၂.၃ Chilled Water Distribution System (သို့) Chilled Water Circuit/Loop 3

၁၂.၄ Condenser Water Loop (သို့) Condenser Water Circuit 4

၁၂.၅ Air Distribution System (Circuit/loop) 5

၁၂.၆ I) Primary Only Circuit 5

၁၂.၇ Primary - Secondary System သို့ Decoupled system 7

၁၂.၈ Primary - Secondary System သို့ Decoupled system 7

၁၂.၉ Seconadry Chilled Water Circuit သို့ distribution loop 9

၁၂.၁၀ Primary Circuit Only System with Common Header 10

၁၂.၁၁ Primary Only System နှင့် Primary-Secondary System တို့ နှိုင်းယှဉ်ချက်များ 11

၁၂.၁၂ Primary - Secondary System/Circuit သို့ (Decoupled system) 12

၁၂.၁၃ Chiller Sizing (Chiller အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်း) 16

၁၂.၁၄ Chiller Plant Efficiency -Full Load တွက်နည်းပုံစံ 19

၁၂.၁၅ Starting Sequence of Chiller Plant Room 22

၁၂.၁၆ Shutdown Sequece of Chiller Plant Room 24

၁၂.၁၇ Chiller System များအတွက် Energy Saving နည်းကောင်းများ (Simple Chiller Plant Optimisation Strategies) 26

(က) Fixed start/stop Vs Optimal start/stop 26

(ခ) Leaving chilled water setpoint with constant primary flow 26

Chilled Water reset ပြုလုပ်နိုင်သည့်နည်းများ 26

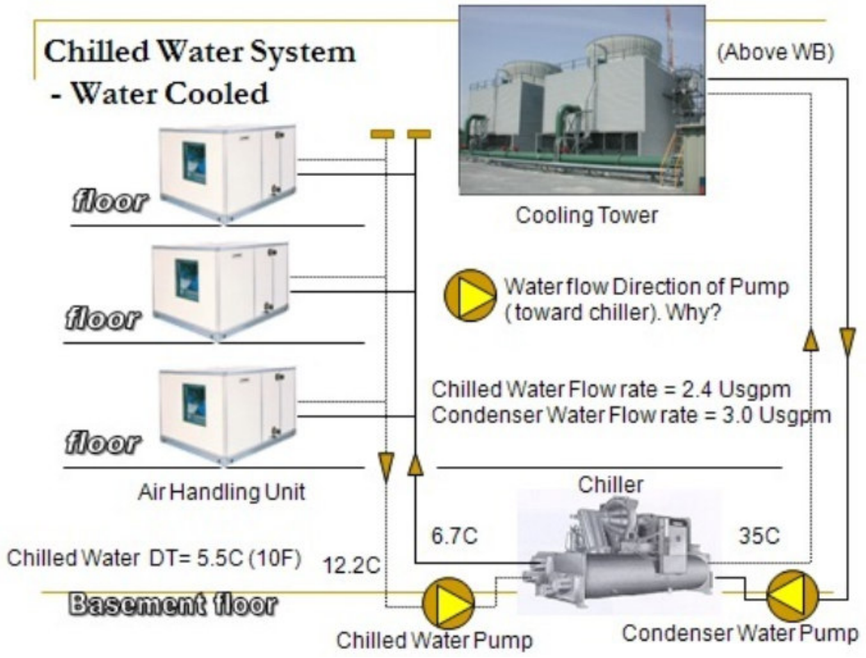
(က) Resetting chilled water setpoint based on outdoor air temperature 26

(ခ) Resetting the chilled water set point based on total building load. 26

(ဂ) Resetting the chilled water setpoint based on summer/ winter mode or time schedule ... 27

(ဃ) Resetting the chilled water setpoint based on AHU and FCU control valve position 27

(င) Resetting the chilled water setpoint based on return temperature 29



၁၂.၁ Over view of Chiller Plant Room

ခေတ်မီအဆောက်အဦးအကြီးစားတိုင်းလိုလိုတွင် အများဆုံးတွေ့ရလေ့ရှိသည့် Chiller Water Plant (သို့မဟုတ် Chilled Water System) တစ်ခုအကြောင်း ကို အတိုချုပ် ဖော်ပြထားသည်။ Chilled Water System တစ်ခုတွင် Chiller များ၊ pump များ၊ cooling tower များနှင့် AHU/FCU များပါဝင်သည်။ အချို့ သော system များတွင် Heat Exchanger pump များပါဝင်သည်။ Chilled Water System တစ်ခုကို Water Cooled Chiller(s) သော်၄င်း၊ Air Cooled Chiller(s) သော်၄င်း အခြေခံ၍ တည်ဆောက် ထားသည်။ Water Cooled Chiller ပါဝင်သည့် system သို့ Plant ကို Water-cooled plant (water cooled system) ဟုခေါ်သည်။ Air Cooled Chiller ပါဝင်သည့် system သို့ Plant ကို Air-cooled plant (water cooled system) ဟုခေါ်သည်။

Water Cooled Chiller ကို အသုံးပြုပါက Circuit ၄ မျိုးရှိပြီး Air Cooled Chiller ကို အသုံးပြုပါက Circuit ၄ မျိုးရှိပါသည်။ Air cooled (သို့) Water Cooled Chiller အတွင်း၌ရှိသော Refrigerat Circuit ကို Chiller အပိုင်းတွင်သေးစိတ်ရှင်းလင်းဖော်ပြထားသည်။

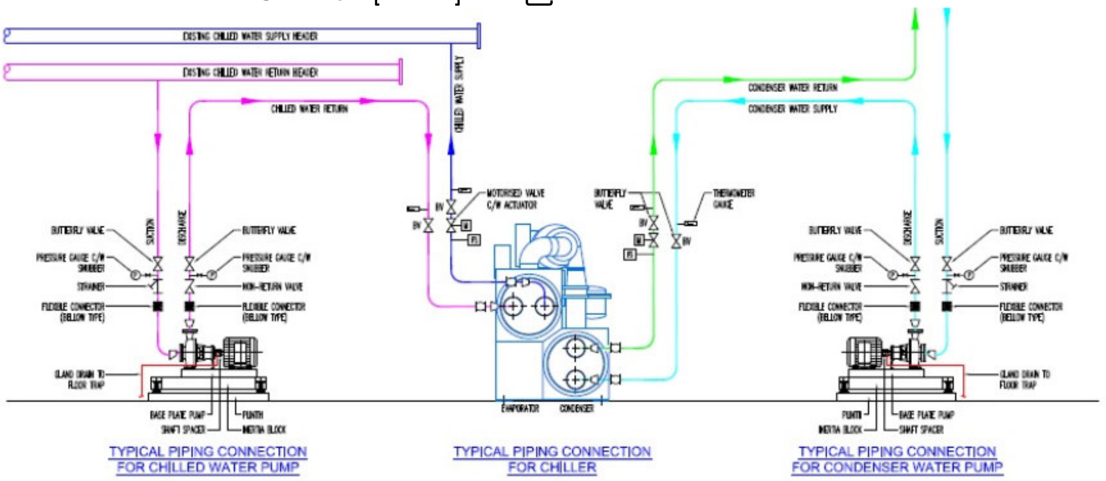
	Water Cooled Chiller ဖြင့် မောင်းသော Chilled Water System (Water Cooled System)	**Air Cooled Chiller ဖြင့် မောင်းသော Chilled Water System (Air Cooled Chilled Water System)**
၁	Air Side Circuit (သို့) Air Distribution System	Air Side Circuit (သို့) Air Distribution System
၂	Chilled Water Side Circuit (သို့) Chilled Water Distribution System	Chilled Water Side Circuit (သို့) Chilled Water Distribution System
၃	Condenser Circuit	Air Cooled ဖြစ်သောကြောင့် Condenser Circuit မရှိပါ။
၄	Chiller အတွင်းရှိ Refrigerant circuit	Chiller အတွင်းရှိ Refrigerant circuit

၁၂.၂ Circuit အခေါ်အဝေါ်များ (Naming of Circuit)

Circuit များအားလုံးတွင် အသွား(supply) နှင့်အပြန်(Return)သို့မဟုတ် အဝင်(Entering) နှင့်

အထွက်(Leaving) ဟု၍ရှိသည်။ Supply နှင့် Return ဟုသည့်အခေါ်အဝေါ်မှာပိုအသုံးများသည်။ Chilled Water Circuit တွင် Building (သို့) Load side ကို Reference အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။ Chiller မှ အထွက် Leaving Chilled Water ကို Chilled Water Supply (Supply to Building) ဟု သတ်မှတ်ပြီး Chiller သို့ အဝင် Entering Chilled Water ကို Chilled Water Return (Return From Building) ဟု သတ်မှတ်သည်။ chilled water loop/circuit တွင် chiller များရှိသည့်ဘက်ကို supply side ဟုသတ်မှတ်ပြီး AHU/FCU များရှိသည့်ဘက်ကို demand side (load side) ဟုသတ်မှတ် ခေါ်ဆိုလေ့ရှိသည်။

Condenser Water Circuit တွင် cooling tower သည် chiller အတွက် အလုပ်လုပ်ပေးရသောကြောင့် Chiller ကို Reference အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။ Chiller သို့ အဝင် Entering Condenser Water ကို Condenser Water Supply (Supply to Chiller) ဟု သတ်မှတ်ပြီး Chiller မှ အထွက် Leaving Condenser Water ကို Condenser Water Return (Return From Chiller) ဟု သတ်မှတ်သည်။ Air Side Circuit တွင် Serving Area ကို Reference အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။ AHU/FCU မှထွက်သည့် လေကို Supply Air (Supply Air To serving Area) ဟု သတ်မှတ်ပြီး အခန်းမှ ပြန်လာသည့် Air ကို Return Air (Return Air from serving Area) ဟု သတ်မှတ်သည်။



၁၂.၃ Chilled Water Distribution System (သို့) Chilled Water Circuit/Loop

Chilled Water Distribution System (သို့) Chilled Water Circuit/loop တွင် Chilled Water Pump, Chiller နှင့် Air Handling Unit/Fan Coil Unit တို့ပါဝင်သည်။ Chilled Water Pump ကို Chilled Water Return ပိုက်လိုင်းဘက် Chiller အနီးတွင်ထားလေ့ရှိသည်။ Chilled Water Pump ကို Chilled Water Supply ပိုက်လိုင်းဘက်တွင် တတ်ဆင်လေ့မရှိပါ။ တနည်း Chilled Water Pump သည် Chilled Water ကို Chiller အတွင်းသို့တွန်းပို့ခြင်းဖြစ်သည်။ ထိုသို့ Chiller အတွင်းသို့ ရေများကို တွန်းပို့ခြင်းဖြင့် Chiller ၏ Evaporator အတွင်း၌ရေများ High pressure ဖြင့် ပြည့်နေသောကြောင့် အပူဖလှယ်မှု(Heat Exchage) ပိုမိုကောင်းမွန်စေသည်။

Chilled Water Circuit/loop တွင် AHRI (Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute , ယခင် ARI ဟုခေါ်သည်) ကသတ်မှတ်ထားသော စံ(Standard) အရ Chilled Water Supply Temperature မှာ 6.7°C ဖြစ်ပြီး Chilled Water Return Temperature မှာ 12.2°C ဖြစ်သည်။ စံ ရေလည်ပတ်နှုန်း **(Standard Chilled water flow rate) မှာ 2.4 US Gallons per minute(USGPM) တစ်မိနစ်လျှင် ၂.၄ ဂါလံ** ဖြစ်သည်။ မည့်သည် Chiller အမျိုးအစားဖြစ်ပါစေ ထို Chilled water ရေလည်ပတ်နှုန်း (Standard Chilled water flow rate)ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ ဥပမာ 500RT (တန်၅၀၀) Chiller တစ်လုံး၏ Standard Chilled

water ရေလည်ပတ်နှုန်း (Standard Chilled water flow rate) မှာ 500RT x 2.4GPM = 1,200GPM ဖြစ်သည်။

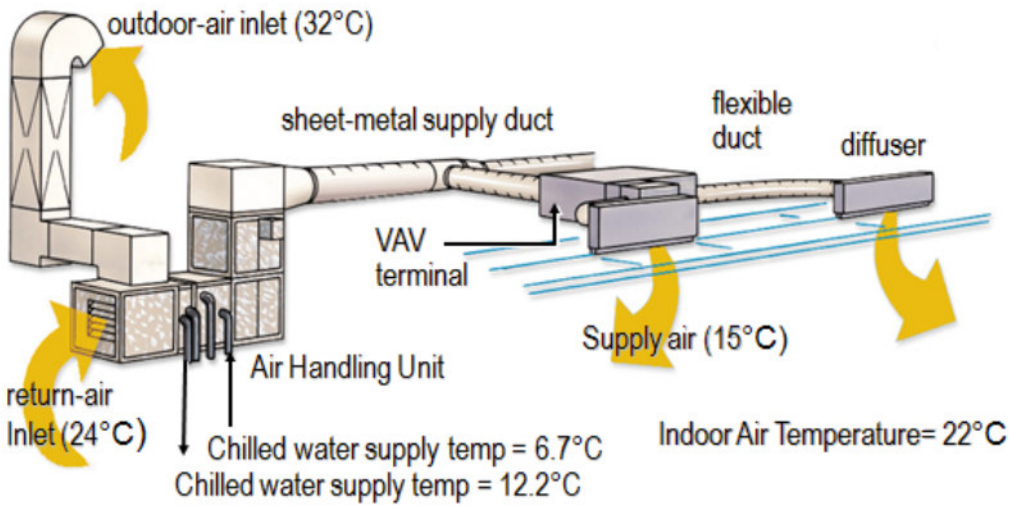
Heat သည် Temperature မြင့်သည့်နေရာမှ Temperature နိမ့်သည့်နေရာသို့ စီးဆင်းလေ့ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် Chilled Water Circuit တွင် Temperature မြင့်သည့် 12.2°C Chilled Water Return Temperature မှ Temperature နိမ့်သည့် Refrigerant Circuit သို့စီးဆင်းသွားသည်။ တနည်း chiller အတွင်းရှိ Refrigerant က အပူတွေကို စုပ်ယူသွားသည်။ 12.2°C Chilled Water Return သည် အပူများဆုံးရှုံးကာ 6.7°C Chilled Water Supply အဖြစ်ဖြင့် Chiller အတွင်းမှထွက်သွားသည်။ Chilled Water Circuit ကို Closed Circuit(closed loop) ဟုခေါ်သည်။ Closed Circuit အတွင်းမှ Chilled Water သည် လေထု Atmospheric နှင့် မထိတွေ့ နိုင်ပေ။

၁၂.၄ Condenser Water Loop (သို့) Condenser Water Circuit

Condenser Water loop (သို့) Condenser Water Circuit တွင် Condenser Water Pump, Chiller နှင့် Cooling Tower တို့ပါဝင်သည်။ Condenser Water Pump ကို Condenser Water Supply ပိုက်လိုင်းဘက် Chiller အနီးတွင်ထားလေ့ရှိသည်။ Condenser Water Pump ကို Condenser Water Return ပိုက်လိုင်းဘက်တွင် တတ်ဆင်လေ့မရှိပါ။ တနည်း Condenser Water Pump သည် Condenser Water ကို Chiller အတွင်းသို့တွန်းပို့ခြင်းဖြစ်သည်။ ထိုသို့ Chiller အတွင်းသို့ ရေများကို တွန်းပို့ခြင်းဖြင့် Chiller ၏ Condenser အတွင်း၌ရေများ High pressure ဖြင့် ပြည့်နေသောကြောင့် အပူဖလှယ်မှု(Heat Exchage) ပိုမိုကောင်းမွန်စေသည်။

Condenser Water Circuit/loop တွင် AHRI (Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute , ယခင် ARI ဟုခေါ်သည်) စံ(Standard) အရ Condenser Water Supply Temperature သည် outdoor air ၏ အပူချိန် (web bulb temperature)ပေါ်တွင်မူတည်သည်။ များသောအားဖြင့် web bulb temperature ထက် ၁ဒီဂရီ သို့ ၁.၅ဒီဂရီ စင်တီဂရိတ်မြင့်လေ့ရှိသည်။ Condenser Water Supply Temperature သည် web bulb temperature ထက်မည်သည့်အခါမျှ မနိမ့်နိုင်ပါ။ စင်ကာပူနိုင်ငံအတွက် Standard Condenser Water Return Temperature သည် 35°C ဖြစ်သည်။။ စံ Condenser water ရေလည်ပတ်နှုန်း **(Standard Condenser water flow rate) မှာ 3.0 US Gallons per minute(USGPM) တစ်မိနစ်လျှင် ၃.၀ ဂါလံဖြစ်သည်။** မည့်သည့် Electic Driven Chiller အမျိုးအစားအားလုံးအတွက် ထို Condenser water ရေလည်ပတ်နှုန်း (Standard Condenser water flow rate)ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ဥပမာ 500RT (တန်၅၀၀) Chiller တစ်လုံး၏ Standard Condenser water ရေလည်ပတ်နှုန်း (Standard Condenser water flow rate) မှာ 500RT x 3.0GPM = 1,500GPM ဖြစ်သည်။

Heat သည် Temperature မြင့်သည့်နေရာမှ Temperature နိမ့်သည့်နေရာသို့ စီးဆင်းလေ့ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် Condenser Water Circuit တွင် Heat သည် Temperature မြင့်သည့် chiller အတွင်းရှိ Refrigerant Circuit မှ Temperature နိမ့်သည့် Condenser Water Supply Temperature သို့စီးဆင်းသွားသည်။ တနည်း အပူချိန်နိမ့်သည့် Condenser Water Supply က အပူချိန်မြင့်သည့် Refrigerant Circuit မှ အပူများကို စုပ်ယူသွားသည်။ Condenser Water Supply သည် Refrigerant Circuit မှ အပူများကို သယ်ဆောင် Condenser Water Return အဖြစ် Chiller အတွင်းမှ ထွက်သွားသည်။ Condenser Water Circui/loop ကို Opened Circuit/loop ဟုခေါ်သည်။ Opened Circuit/loop အတွင်းမှ Condenser Water သည် လေထု Atmospheric နှင့် အမြဲထိတွေ့ နေသည်။



၁၂.၅ Air Distribution System (Circuit/loop)

Air Distribution System (Circuit/loop) တွင် Air Handling Unit မှ Blower သည် Cold Air (Supply Air) ကို Serving Area သို့ ရောက်အောင် ပို့ဆောင်ခြင်းနှင့် Servicing Area မှ Warm Air (Return Air) ကို စုပ်ယူခြင်းအလုပ်ကို ဆောင်ရွက်သည်။ ပုံမှန်အားဖြင့် Servicing Area ၏ အပူချိန်(Temperature) မှာ 22° to 24° C ဖြစ်ပြီး Supply Air အပူချိန်(Temperature) မှာ 13° to 15° C ဖြစ်သည်။ Return Air ၏ Temperature မှာ 24° မှ 26 °C ဖြစ်ပြီး outdoor air နှင့် ရောလေ့ရှိသည်။ လေလည်ပတ်နှုန်းမှာ Chilled Water Flow rate နှင့် Condenser Water Flow Rate များကဲ့သို့ ပုံသေမရှိပေ။ အသုံးပြုမှုပေါ်မူတည်၍ ပြောင်းလဲလေ့ရှိသည်။

အချိန်တိုင်း ပုံသေ (Constant) လေလည်ပတ်နှုန်း (Air Flow rate) ဖြင့် မောင်းနေသောAHU ကို **Constant Air Volume system (CAV)**ဟုခေါ်သည်။ Serving Area ၏ cooling load လိုအပ်ချက်အရ လေလည်ပတ်နှုန်း (Air Flow rate) လိုအပ်သလို မောင်းနေသောAHU ကို **Variable-Air-Volume System(VAV)**ဟုခေါ်သည်။

Chilled Water System Design

Chilled water system များတွင် အများဆုံးတွေ့ ရလေ့ရှိသည့် Circuit နှစ်မျိုးမှာ

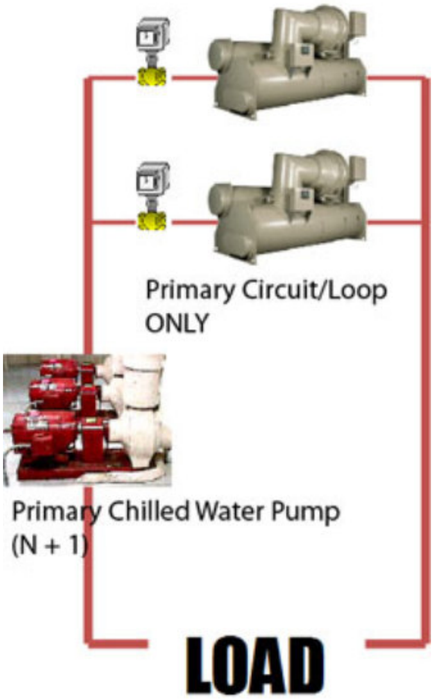
I) Primary Only system

II) Primary - Secondary System (Decoupled system) နှင့်

III) Variable Primary system တို့ဖြစ်သည်။

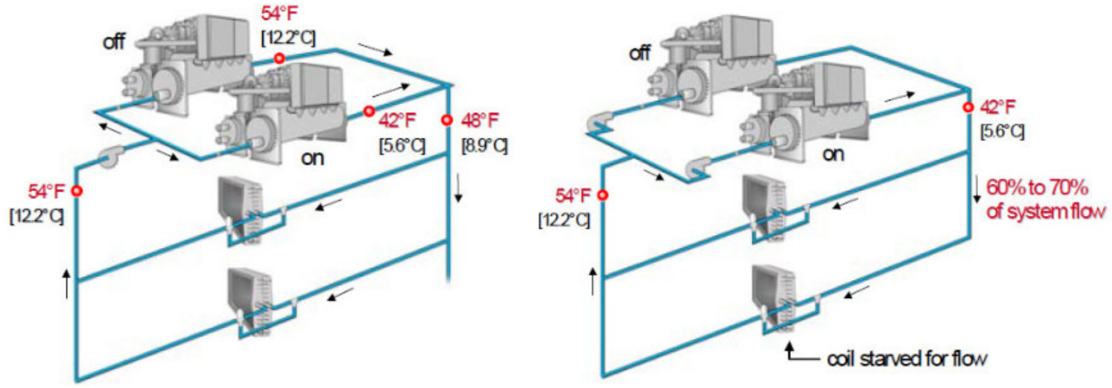
၁၂.၆ I) Primary Only Circuit

Primary Chilled Water Circuit တစ်မျိုးတည်းသာ ရှိသည့် system ကို primary only system ဟုခေါ်သည်။



Primary Only System သည် နားလည်ရန် ရှင်းလင်းလွယ်ကူသည်။ Chilled water system တစ်ခု တွင် Chilled water pump(s) တစ်မျိုးသာ ရှိသောကြောင့် Chilled Water Circuit လည်း တစ်မျိုးသာရှိသည်။ ထို တစ်မျိုးတည်းသာရှိသော chilled water pump ကို Primary Chilled Water Pump ဟုခေါ်သည်။ ထို pump သည် Chilled water ကို AHU / FCU များဆီသို့ ရောက်အောင် တွန်းပို့ရသည်။ Secondary Chilled Water Pump ရှိလျှင် Primary Chilled Water Pump သည် Chilled water ကို AHU / FCU များဆီသို့ရောက်အောင်တွန်းပို့ရန်မလိုပါ။ ထိုတာဝန်ကို Secondary Chilled Water Pump ကဆောင်ရွက်ပေးသည်။

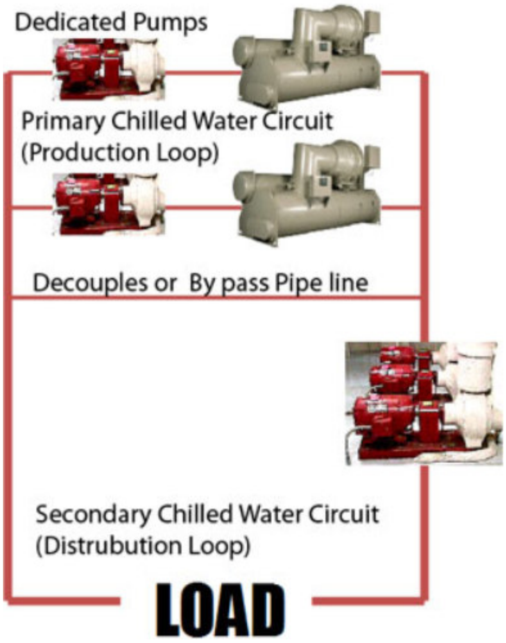
Primary Only Circuit



ပုံတွင်ပြထားသည့်အတိုင်း Chillers များကို တပ်ဆင်ထားလျှင် Parallel installation ဖြစ်သည်။ ဘယ်ဘက်မှပုံတွင် Primary Chilled Water Pump သည် ကြိုက်သည့် Chillers နှင့်မောင်းနိုင်သည်။ ထိုသို့တပ်ဆင်ထားလျှင်များသောအားဖြင့် Primary Chilled Water Pump အရေအတွက်သည် Chiller အရေအတွက် ၁လုံး သို့ ၂ လုံး ပို၍တပ်ဆင်ထားလေ့ရှိသည်။ ထိုသို့ Chiller အရေအတွက် ၁လုံး ပို၍တပ်ဆင်ထားသည်ကို N+1 configuration ဟုခေါ်သည်။

ညာဘက်မှ ပုံတွင် Primary Chilled Water Pump များသည် သက်ဆိုင်သည့် Chiller နှင့်သာ မောင်းနိုင်သည်။Dedicated Pumps ဟုခေါ်သည်။ ထိုသို့တပ်ဆင်ထားလျှင် Primary Chilled Water Pump နှင့် Chiller ကို အတွဲလိုက် မောင်းလေ့၊ ပိတ်လေ့ရှိသည်။

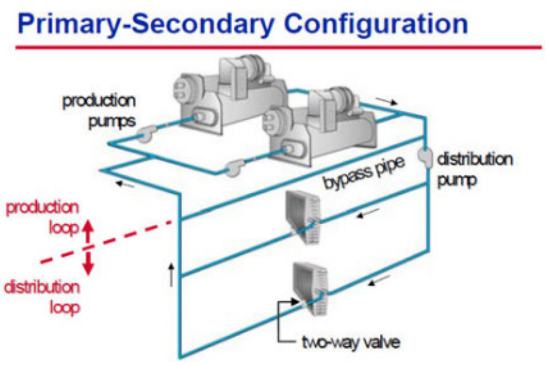
၁၂.၇ Primary - Secondary System သို့ Decoupled system



ပုံတွင်ပြထားသည့်အတိုင်း Chiller တစ်လုံးစီအတွက် Chilled Water Pump တစ်လုံးစီ သီးသန့်တပ်ဆင်ထားသည်။ Primary Chilled Water Pump ကို Production Pump ဟုခေါ်သည်။Secondary Chilled Water Pump ကို Distrubution Pump ဟုခေါ်သည်။

production loop မှ Chiller များမောင်းသည့်အခါ သတ်မှတ်ထားသည့် constant flow of water ဖြင့် မောင်းလေ့ရှိသည်။ (ဥပမာ 500RT (တန်၅၀၀) Chiller တစ်လုံး၏ Standard Chilled water ရေလည်ပတ်နှုန်း (Standard Chilled water flow rate) မှာ 500RT x 2.4GPM = 1,200GPM ဖြစ်သည်။) သို့သော် distribution loop မှ AHU၊FCU နှင့် CRAC unit များသည် လိုအပ်သည့် Cooling load ပေါ်တွင်မူတည်၍ two-way modulating valves ဖြင့် Chilled water flow rate ကို လိုသလို ပြောင်းလဲလေ့ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် Secondary Chilled Water (Distrubution Loop) Pumps များတွင် လိုအပ်သည့် Chilled water flow rate အတိုင်းမောင်းနှင်နိုင်ရန် (Varible Speed Drive) VSD သို့ Variable Frequency Dirve (VFD) လိုအပ်သည်။

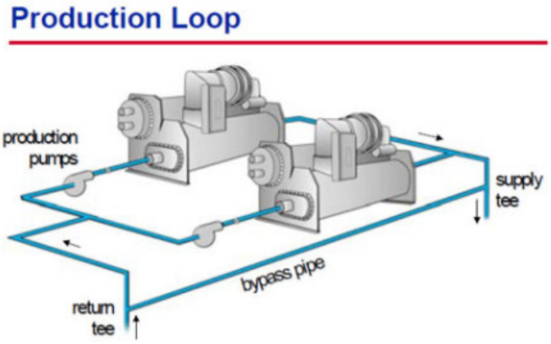
၁၂.၈ Primary - Secondary System သို့ Decoupled system



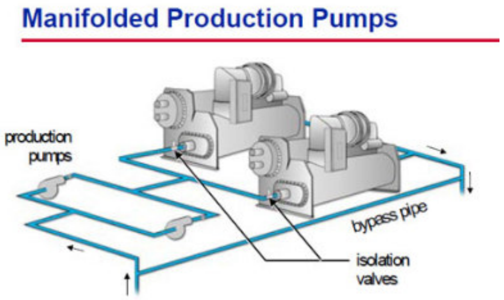
Primary Chilled Water Circuit/Loop ကို Production Circuit/Loop ဟုခေါ်သည်။

Secondary Chilled Water Circuit/Loop ကို Distrubution Circuit/Loop ဟုခေါ်သည်။

Primary Chilled Water Circuit နှင့် Secondary Chilled Water Circuit ကို ခွဲထားသည့် လိုင်းကို Decouples သို့ By pass Pipe line ဟုခေါ်သည်။



Dedicated Pumps at Production Loop (Primary Chilled Water Circuit/Loop)



Minifolded Production Pump သို့ **Common Header** at Production Loop (Primary Chilled Water Circuit/Loop)

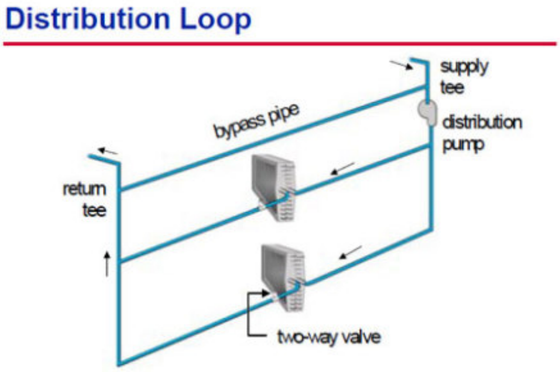
Primary Chilled Water Pump(Production pumps) သည် ရေကို return tee မှစုပ်ယူ၍ chiller အတွင်းသို့တွန်းပို့သည်။ထိုမှတဆင့် supply tee သို့ရောက်သည်။ ထို့ကြောင့် Primary Chilled Water circuit/Loop ၏ pressure losses မှာ သိပ်များပေ။ ထို့ကြောင့် Primary Chilled Water Pump ၏ Pump Head မှာ နည်း လေ့ရှိသည်။ ပန့် တစ်လုံးစီသည့် သူနှင့်သက်ဆိုင်သည့် chiller ကိုလိုက်၍မောင်းသည်။ Primary Chilled Water Circuit နှင့် Secondary Chilled Water Circuit နှစ်မျိုးလုံးရှိသည့် system ကို primary-secondary system ဟုခေါ်သည်။ primary-secondary system တစ်ခုသည် production loop (Load Side) အတွက် ပို flexibility ရှိသည်။

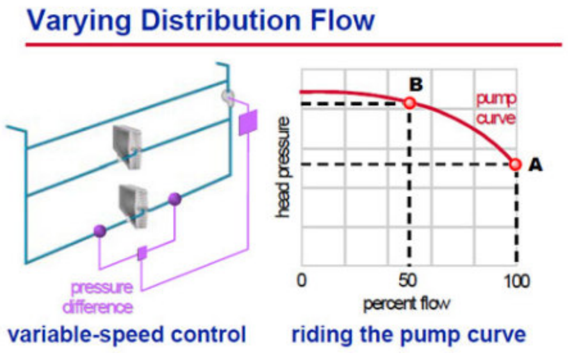
Dedicated Pumps at Production Loop (Primary Chilled Water Circuit/Loop)
Production Loop (Primary Chilled Water Circuit/Loop) ၌ Dedicated Pumps များဖြင့် မောင်းလျှင် Chiller များ၏ အမျိုးအစား(type)၊ အရွယ်(size)၊ သက်တမ်း (age)နှင့် ထုပ်လုပ်သူ (manufacturers) တူသည်ဖြစ်မတူသည်ဖြစ်စေ တပ်ဆင်နိုင်သည်။ အမျိုးအစား(type)၊ အရွယ်(size)၊ သက်တမ်း (age)နှင့် ထုပ်လုပ်သူ (manufacturers)မတူညီသည့် Chiller များတွင် ကွဲပြားသော (different evaporator pressure drops) ရှိကြသည်။ ထိုအပြင် Dedicated Pumps နှင့် individual chiller တို့သည် အတွဲလိုက်ဖြစ်နေသောကြောင့် Dedicated Pumps တစ်လုံးပျက်သွားလျှင် သူနှင့်သက်ဆိုင်သည့် chiller လည်း မောင်း၍မရတော့ပေ။
Minifolded Production Pump သို့ **Common Header** at Production Loop (Primary Chilled Water Circuit/Loop)
Production Loop (Primary Chilled Water Circuit/Loop) တွင် Common Header ဖြင့် ပန့်များကိုတပ်ဆင်ထားခြင်းသည် chiller အမျိုးအစား(type)၊ အရွယ်(size)၊ သက်တမ်း (age)နှင့် ထုပ်လုပ်သူ (manufacturers)ကို လိုက်၍ system complexity များသည်။ သို့သော် greater redundancy ရှိသည်။ ကြိုက်သည့် Chiller နှင့် သင့်လျော်သည့် ပန့်ကို ရွေးချယ်မောင်းနှင်နိုင်သည်။ ပန့်ပျက်သောကြောင့် Chiller မောင်းမရသည့်အခြေနေမျိုးမကြုံတွေနိုင်ပေ။ သို့သော် Primary Chilled Water သည် Common Header မှ တဆင့်(ပန့်မှတိုက်ရိုက်မဟုတ်ဘဲ) Chiller အတွင်းသို့စီးဝင်သောကြောင့် Chiller တိုင်းတွင် မှန်ကန်သော ရေလည်ပတ်နှုန်း (rigth amount chilled water flow rate)ရ ရှိရန် အရေးကြီးသည်။ ထိုသို့ရရှိရန် balancing valve သို့ Constant Flow valve များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။

Common Header ဖြင့် ပန့်များ၏ ပြဿနာတစ်မျိုးမှာ ရေလည်ပတ်နှုန်း မတည်ငြိမ်မှုဖြစ်သည်။ Chiller ၁လုံး သို့ ၂ လုံးမောင်းနေစဉ် နောက်ထပ်Chiller တစ်လုံးမောင်းရန်လိုအပ်ပါက isolation valve ကို အရင်ဖွင့်ရသည်။ ထိုအခိုက်အတန့်တွင် လက်ရှိမောင်းနေသည် Chiller များမှ ရေလည်ပတ်နှုန်း (chilled water flow rate) သည် ၂၀% မှ ၅၀% အထိ Chiller အရွယ်အစား(size)ကို လိုက်၍ကျဆင်းနိုင်သည်။ထိုအချိန်တွင် မောင်းရမည့်ပန့်သည် မောင်းခါစဖြစ်သောကြောင့် Full Speed သို့ မရောက်နိုင်သေးပေ။ isolation valve ကို အရင်မဖွင့်ဘဲ ပန့်ကိုအရင်မောင်းပါက လက်ရှိမောင်းနေသည် Chiller များမှ ရေလည်ပတ်နှုန်း (chilled water flow rate) သည်မြင့်တက်သွားလိမ့်မည်။ ထိုအခါ water hammer ပြဿနာကို ကြုံတွေနိုင်သည်။

Chiller များ၏ Control Logic တာဝန်မှာ Leaving Chilled water temperature Set Point 6.7°C ကို တတ်နိုင်သမျှ ထိန်းထားရန်ဖြစ်သည်။ Leaving Chilled water temperature သည် Chiller ၏ ရေလည်ပတ်နှုန်း (chilled water flow rate) တွင်ပေါ်တွင်မူတည်သည်။ Chiller များမှ ရေလည်ပတ်နှုန်း (chilled water flow rate) အတက်အကျ များခြင်း၊မြန်ခြင်းသည် System တစ်ခုလုံးကို instability အခြေနေသို့ ရောက်စေခြင်းဖြစ်သည်။

၁၂.၉ Seconadry Chilled Water Circuit သို့ distribution loop



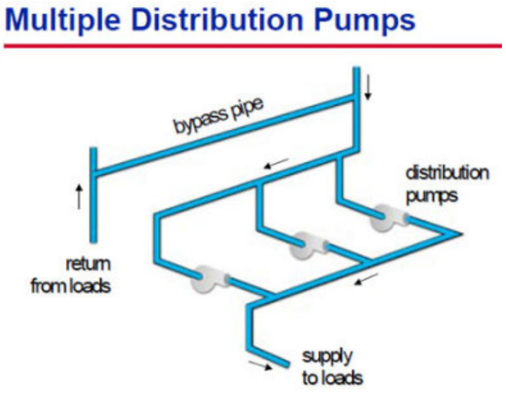


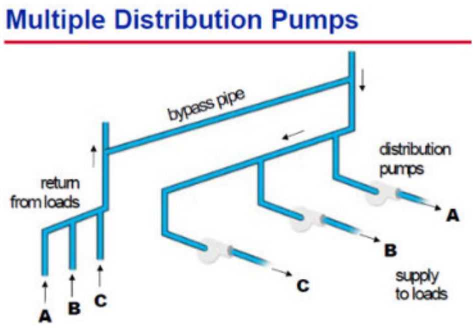
Seconadry Chilled Water Pump (distribution pump)သည် the supply tee ရေကို the load terminals (AHU/ FCU/CRAC Unit) များဆီသို့တွန်းပို့သည်။ ထို ရေသည် AHU/ FCU/CRAC Unit မှ တဆင့် the return tee ဆီသို့ပြန်ရောက်လာကာ Primary Chilled Water Circuit ဆီသို့ ရောက်သွားသည်။

Primary Chilled Water Pump နှင့် Seconadry Chilled Water Pump တို့သည် same water ကို တွန်းပို့သည့်ရေတူညီကြသော်လည်း ထမ်းဆောင်သည့် pump head မှာမတူညီကြပေ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် Primary Chilled Water Pump ၏ Head ကို Primary Chilled Water Circuit ၏ Friction Loss ကို ကျော်ရုံ ဒီဇိုင်းလုပ်ထား (Select လုပ်ထား) ပြီး Seconadry Chilled Water Pump ၏ Head ကို Seconadry Chilled Water Circuit ၏ Friction Loss အတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်ထား (Select လုပ်ထား) သောကြောင့်ဖြစ်သည်၊

Seconadry Chilled Water Circuit ၏ ရေလည်ပတ်နှုန်း (chilled water flow rate) သည် အဆောက်အဦးတစ်ခုလုံး၏ Heat Load ပေါ်တွင်မူတည်သည်။ အဆောက်အဦးတစ်ခုလုံး၏ Heat Load သည် အချိန်နှင့် ရာသီဥတုကိုလိုက်၍ပြောင်းလဲနေသည်။ ထို့ကြောင့် Seconadry Chilled Water Circuit ၏ ရေလည်ပတ်နှုန်း (chilled water flow rate) သည် အချိန်နှင့် ရာသီဥတုကိုလိုက်၍ပြောင်းလဲနေသည်။ Seconadry Chilled Water Pump ကို variable-speed drive (VSD) သို့ Variable Frequency Drive (VFD) ဖြင့် မောင်းနှင်ရမည်။ ထို VSD သည် part load သို့ လိုအပ်သည့် အချိန် ၌လိုအပ်သည် Speed (ie chilled water flow rate) ဖြင့် မောင်းနှင်သောကြောင့် စွမ်းအင်းချွေတာမှု(Energy Saving) လည်းဖြစ်သည်။

Primary-secondary system ၌ ရှိသော AHU/FCU များတွင် modulating two-way control valves ကို အသုံးပြုထားလျှင် ASHRAE/IESNA Standard 90.1–1999 (Section 6.3.4.1) စည်းကမ်းချက်များအရ variable-flow ဖြစ်အောင် distribution pump (secondary pump) များကို VSD (VFD) များဖြင့် တပ်ဆင်၍မောင်းရမည်။





ဤကဲ့သို့ Common Header မှ Secondary Pump သည် High Raise Building ကဲ့သို့သော အဆောက်အဦးများအတွက်သင့်လျော်သည်။

ဤကဲ့သို့ Individal Secondary Pump များသည် ကောလိပ်ကျောင်းကဲ့သို့သော မတူညီသည် အဆောက်အဦးများ တစ်ခုခြင်းစီ အတွက် သင့်လျော်သည်။

Seconadry Chilled Water Pump ကို distribution pumpဟုလည်းခေါ်သည်။ Seconadry Chilled Water Pump ကို variable-speed drive ဖြင့်မောင်းနှင်သည်။ supply ပိုက်နှင့် return ပိုက် ၏ ဖိအားခြားနားမှု (pressure difference between the supply and return water piping) ကိုအခြေခံ၍ variable-speed drive ကို မောင်းနှင်သည်။ ဖိအားခြားနားမှု (pressure difference) များလျှင် variable-speed drive သည် ပန့်၏ လည်ပတ်နှုန်း(Speed)ကိုနှေးစေသည်။ ဖိအားခြားနားမှု (differential pressure) နည်း လျှင် variable-speed drive သည် ပန့်၏ လည်ပတ်နှုန်း(Speed)ကိုမြန်စေသည်။

AHU နှင့် FCU တို့၏ two-way modulating valve သည် အဆောက်အဦးတစ်ခုလုံး၏ Heat Load နည်းလာလျှင် တဖြည်းဖြည်းပိတ်သည်။ ထို သို့ပိတ်မှုကြောင့် supply ပိုက်နှင့် return ပိုက်တို့အကြားတွင် system differential pressure တဖြည်းဖြည်းမြင့်တက်လာသည်။ ထိုဖိအားခြားနားမှု (differential pressure) ကို အခြေခံ၍ Seconadry Chilled Water Pump(distribution pump)၏ speed ကို လျှော့ချရန် signal အဖြစ်အသုံးပြုသည်။

မည်သည့် distribution pumping arrangement မျိုးဖြစ်ပါစေ primary-secondary system ကို အသုံးပြုရန်သင့်လျော်သည်။

ကောလိပ်ကျောင်းဆောင်များကဲ့သို့သော နေရာအနှံ့အပြားတွင်ရှိသော မတူညီသည် အဆောက်အဦးများ တစ်ခုခြင်းစီကို ပန့်တစ်လုံးခြင်းစီဖြင့် multiple distribution pump configuration မျိုးဖြင့်လည်းတပ်ဆင်နိုင်သည်။

ဥပမာ ɛast Building (A), west Building (B), နှင့် central Building (C) ဆိုသို့ Separate distribution pumps (A),(B) နှင့် (C) တို့ဖြင့်မောင်းနှင်ရန်တပ်ဆင်ထားသည်။

ထိုကဲ့သို့ configuration ဖြင့် pump များကိုတပ်ဆင်ထားခြင်းကြောင့် ပို၍ flexibility ကောင်းသည်။ တိုးချဲ့လိုလျှင် နောက်ထပ်ပန့်တစ်လုံးကို ထပ်ထည့်ရုံဖြင့် အဆင်ပြေသည်။ နောက်အဆောက်အဦး အသစ်ဆောက်လျှင် နောက်ထပ် pump တစ်စုံကိုထပ်ထည့်ရုံဖြင့်ရသည်။

Chilled Water System Design

၁၂.၁၀ Primary Circuit Only System with Common Header

အောက်တွင်ပြထားသည့်ပုံမှာ Primary Circuit Only System ဖြစ်သည်။ Primary Circuit Only System ဆိုသည်မှာ

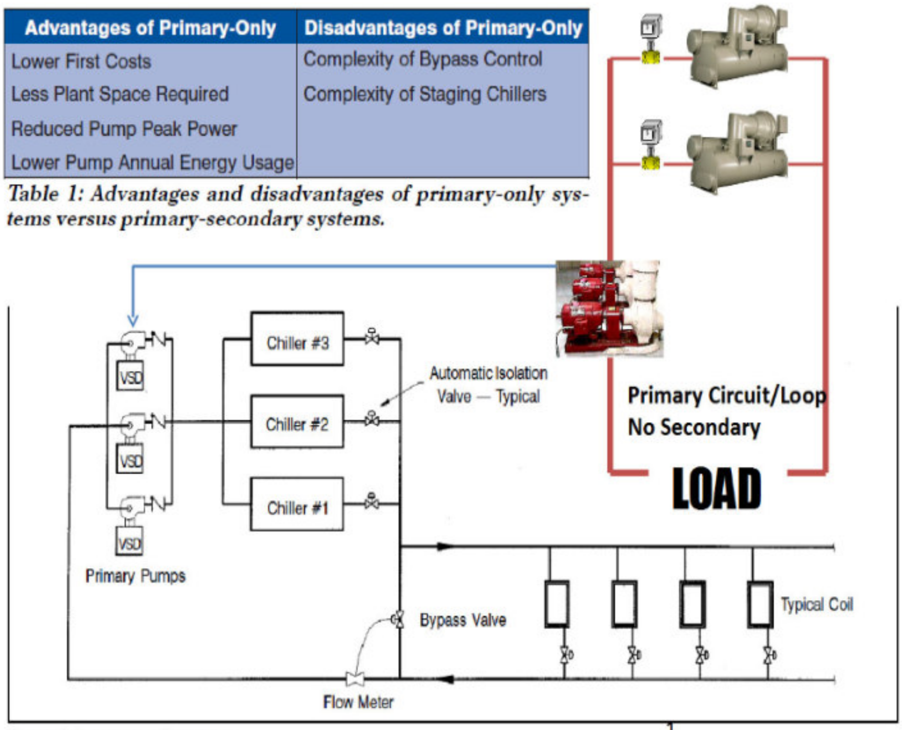
Primary Chilled Water Circuit (Production Loop) တွင်သာ Primary Chilled Water Pump(s) ရှိပြီး Seconadry Chilled Water Circuit (distribution loop) တွင် Seconadry Chilled Water Pump မရှိသော Chilled Water System ကို ခေါ်ဆိုသည်။ ပုံတွင်ပြထားသည့် အတိုင်း Production Loop (Primary Chilled Water Circuit/Loop) တွင် Common Header ဖြင့် ပန့်များကိုတပ်ဆင်ထားခြင်းသည်။ တနည်း Chiller တစ်လုံးအတွက် သီးသန့် Primary Chilled Water Pump တစ်လုံးခြင်းစီ တပ်ဆင်ထားခြင်းမရှိဟုဆိုလိုသည်။

မောင်းမည့် Chiller (Run မည့် Chiller) အရေအတွက်ပေါ်တွင် မူတည်၍ လိုအပ်သည့် ရေလည်ပတ်နှုန်း (rigth amount chilled water flow rate)ရ ရှိရန်အတွက် Primary Chilled Water Pump များသည် ရေကို Common Header အတွင်းသို့ ဝိုင်း ၍ (တစ်လုံးထက်ပိုသောပန့်များ) မောင်းထည့်ကြသည်။ ထို Chilled Water Common Header အတွင်းမှ တဆင့် Chiller အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်စီးဆင်းသွားသည်။ တနည်း Primary Chilled Water သည် Common Header မှ တဆင့်(ပန့်မှတိုက်ရိုက်မဟုတ်ဘဲ) Chiller အတွင်းသို့စီးဝင်သောကြောင့် Chiller တိုင်းတွင် မှန်ကန်သော ရေလည်ပတ်နှုန်း (rigth amount chilled water flow rate)ရ ရှိရန်ရေးကြီးသည်။ Chiller များသည် အမျိုးအစား(type)၊ အရွယ်(size)၊ သက်တမ်း (age)နှင့် ထုပ်လုပ်သူ (manufacturers) တို့ကွဲပြားနိုင်သောကြောင့် ရေလည်ပတ်နှုန်းပမာဏ (amount chilled water flow rate) နှင့် Evaporator Pressure Drop တို့လည်း မတူညီကြပေ။ chiller များကို paralle ပုံစံဖြင့်တပ်ဆင်ထားခြင်းကြောင့် တစ်လုံးထက်ပိုသော chiller တစ်ပြိုင်နက်မောင်းပါက chiller တစ်လုံးချင်းစီအတွင်းသို့ ရေဝင်ရောက်သည့် ပမာဏမတူညီနိုင်ပါ။ ထို့ကြောင့် balancing valve သို့ Constant Flow valve များကို အသုံး၍ water balancing လုပ်ရန်လိုအပ်သည်။ water balancing ဆိုလိုသည်မှာ Chiller တိုင်းအတွက် မှန်ကန်သော ရေလည်ပတ်နှုန်း (rigth amount chilled water flow rate)ရ ရှိရန်အတွက် balancing valve သို့ Constant Flow valve များကို ထိန်းညှိခြင်း (Adjustment) ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။ Regardless of how many chiller(s) running, evey chiller must achieve rigth amount chilled water flow rate for system stability. ထိုကဲ့သို့ balancing valve များတပ်ဆင်ထားခြင်းကြောင့် chiller တိုင်းသည် လိုအပ်သည့်ရေပမာဏကို ရရှိကြလိမ့်မည်။ (chiller အရေအတွက်မည်မျှပင်မောင်းပါစေ။)

Primary Chilled Water Pump(s) များသည် Chilled water ကို AHU / FCU များဆီသို့ရောက်အောင်တွန်းပို့ရသည့် အတွက် Primary Chilled Water Pump(s) Head သည် ရေကို လုံလောက်အောင်မြင့်မား(Pump Head must be High enough)ရန်လိုအပ်သည်။ Secondary Chilled Water Pump ရှိလျှင် Primary Chilled Water Pump သည် Chilled water ကို AHU / FCU များဆီသို့ရောက်အောင်တွန်းပို့ရန်မလိုပါ။ ထိုတာဝန်ကို Secondary Chilled Water Pump ကဆောင်ရွက်ပေးသည်။

၁၂.၁၁ Primary Only System နှင့် Primary-Secondary System တို့ နိုင်းယှဉ်ချက်များ

Primary Circuit Only System with Common Header ၏ကောင်းကျိုးများ	Primary Circuit Only System with Common Header ၏ ဆိုးကျိုးများ
တပ်ဆင်ခ နှင့် Pump ဘိုး စျေးနည်းသည်။ (Secondary တပ်ဆင်ရန်မလိုပေ)	ရှုပ်ထွေးခက်ခဲသည့် By Pass Control လိုအပ်သည်။
Plant Room အတွင်းတွင် နေရာကျယ်ကျယ်မလိုအပ်ပါ။	Chiller များ Sequencing နှင့် Staging လုပ်ရန်လည်း ရှုပ်ထွေးခက်ခဲသည်။
ပန့်များ၏ Peak Power ကို လျှော့ချနိုင်သည်။	
ပန့်များကို မောင်းသည့် စွမ်းအင်ပမာဏနည်းသည်။	



Advantages of Primary-Only	Disadvantages of Primary-Only
Lower First Costs	Complexity of Bypass Control
Less Plant Space Required	Complexity of Staging Chillers
Reduced Pump Peak Power	
Lower Pump Annual Energy Usage	

Table 1: Advantages and disadvantages of primary-only systems versus primary-secondary systems.

Figure 1: Primary-only system.

Common Header ဖြင့် မောင်းသည့် ပန့်များ၏ ပြဿနာတစ်မျိုးမှာ ရေလည်ပတ်နန်း မတည်ငြိမ်မှုဖြစ်သည်။ Chiller ၁လုံး သို့ ၂ လုံးမောင်းနေစဉ် နောက်ထပ်Chiller တစ်လုံးမောင်းရန်လိုအပ်ပါက isolation valve ကို အရင်ဖွင့်ရသည်။ ထိုအခိုက်အတန့်တွင် လက်ရှိမောင်းနေသည် Chiller များမှ ရေလည်ပတ်နန်း (chilled water flow rate) သည် ၂၀% မှ ၅၀% အထိ Chiller အရွယ်အစား(size)ကို လိုက်၍ကျဆင်းနိုင်သည်။ထိုအချိန်တွင် မောင်းရမည့်ပန့်သည် မောင်းခါစဖြစ်သောကြောင့် Full Speed သို့ မရောက်နိုင်သေးပေ။ isolation valve ကို အရင်မဖွင့်ဘဲ ပန့်ကိုအရင်မောင်းပါက လက်ရှိမောင်းနေသည် Chiller များမှ ရေလည်ပတ်နန်း (chilled water flow rate) သည်မြင့်တက်သွားလိမ့်မည်။ ထိုအခါ water hammer ပြဿနာကို ကြုံတွေ့နိုင်သည်။

၁၂.၁၂ Primary - Secondary System/Circuit သို့ (Decoupled system)

အောက်တွင်ပြထားသည့်ပုံမှာ Primary-Secondary System (Circuit/loop) ဖြစ်သည်။ Primary-Secondary System ဆိုသည်မှာPrimary Chilled Water Circuit (Production Loop) နှင့် Seconadry Chilled Water Circuit (distribution loop), Circuit နှစ်မျိုးလုံးရှိသော Chilled Water System ကို ခေါ်ဆိုသည်။ Primary Chilled Water Pump များကို Dedicated Pumps အနေဖြင့်လည်းကောင်း၊ manifold pump (common header) ဖြင့်လည်းကောင်း ၂ မျိုးတပ်ဆင်နိုင်သည်။

ပုံတွင် Primary Chilled Water Pump များသည် Production Loop (Primary Chilled Water Circuit/Loop) တွင် ရှိသော Dedicated Pumps များဖြစ်သည်။ Dedicated Pumps ဆိုသည်မှာ Chiller တစ်လုံးတိုင်းအတွက် ပန့် တစ်လုံးကို သီးသန့်တပ်ဆင်ထားသော ပန့်များကို ဆိုလိုသည်။ manifold pump (common header) ဆိုသည်မှာ pump များနှင့် chiller များကို တိုက်ရိုက်ပိုက်များသွယ်တန်းထားခြင်းမရှိပဲ Header မှတစ်ဆင့် သွယ်တန်းထားခြင်းဖြစ်သည်။

သို့သော် Seconadry Chilled Water Pump သည့် Dedicated Pumps များမဟုတ်ကြပါ။ Common Header ဖြင့်မောင်းသော Seconadry ပန့်များဖြစ်ကြသည်။

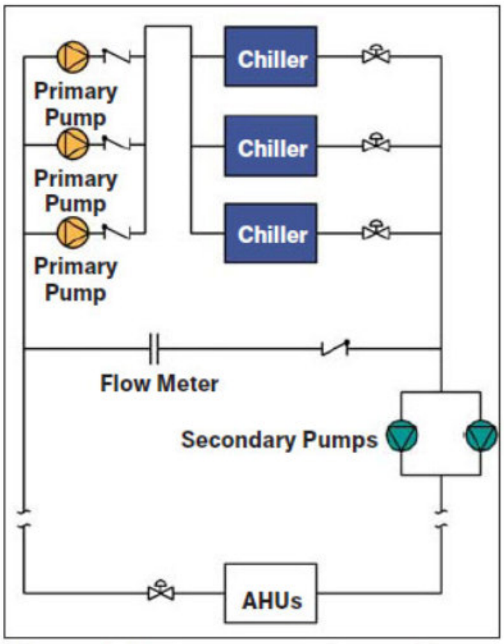


Figure 1: Primary-secondary with manifolded pumps.

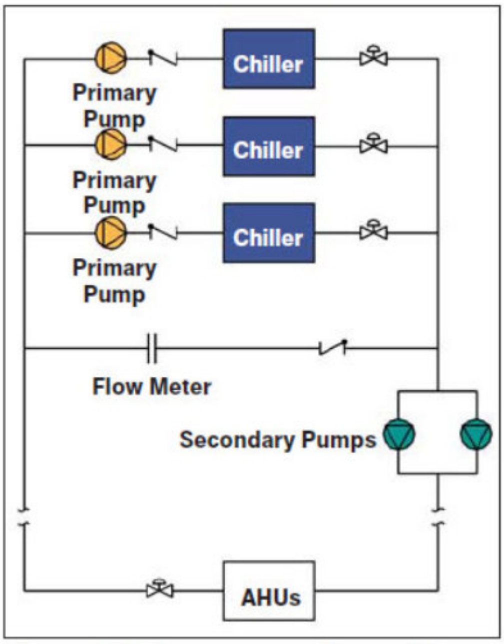


Figure 2: Primary-secondary with dedicated pumps.

အထက်ပါပုံသည် Primary - Secondary System/Circuit သို့ (Decoupled system)၏ပုံဖြစ်သည်။ ကွာခြားချက်တစ်ခုမှာ ဘယ်ဘက်မှပုံသည် Commend Header ဖြင့်တပ်ဆင်ထားသော Primary Pump များဖြစ်ကြပြီ ညာဘက်မှပုံ Dedicated Pumps များဖြစ်ကြသည်။

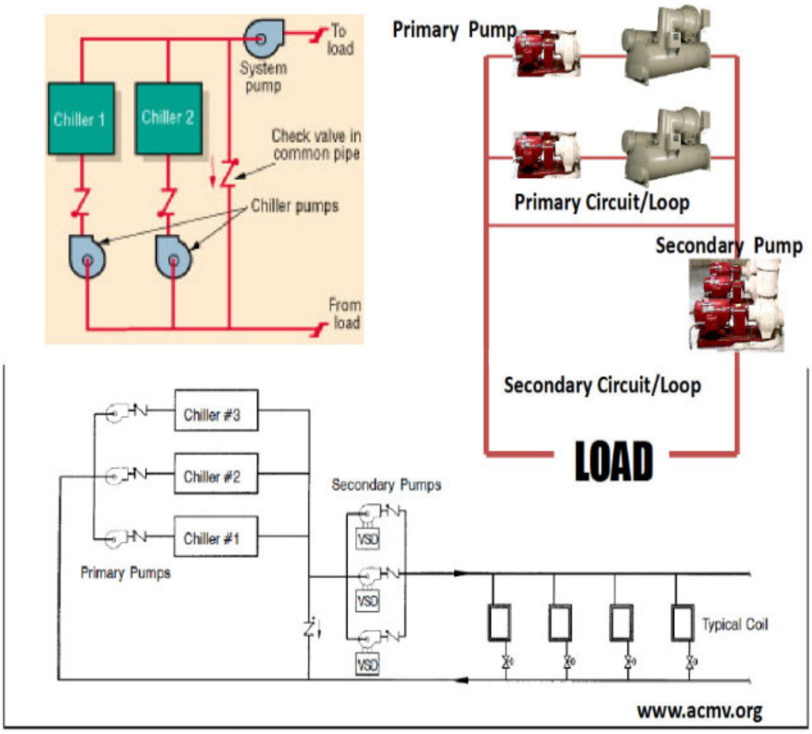


Figure 2: Conventional primary-secondary system.

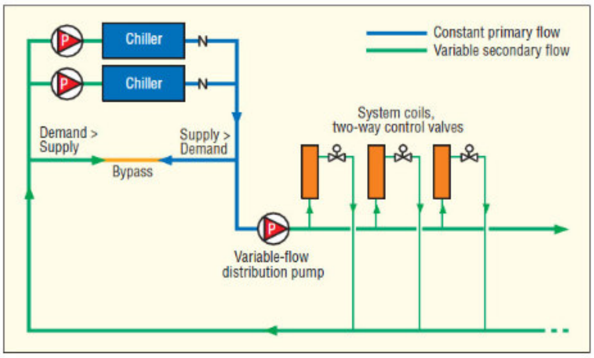
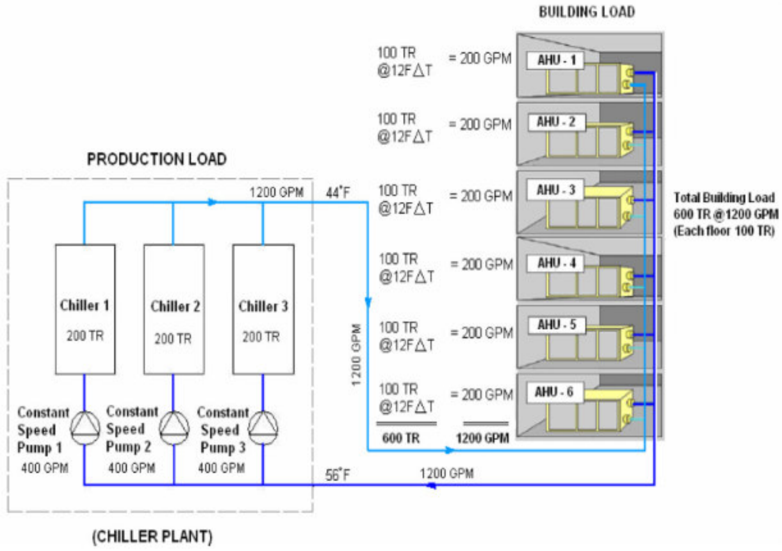


FIGURE 1. "Decoupled" (constant primary-variable secondary flow) system.

အထက်ပါပုံရှိ Chilled Water system သည် Primary Circuit (Supply ဟုလည်းခေါ်သည်) သည် Constant Chilled water Flow ဖြင့် မောင်းသည့် Circuit ဖြစ်ပြီး Secondary Circuit (Demand ဟုလည်းခေါ်သည်) သည် Variable Chilled water Flow ဖြင့် မောင်းသည့် Circuit ဖြစ်သည်။
အပြာရောင်လိုင်းတစ်လျှောက်လုံးတွင် Constant Priamry Chilled water Flow ဖြင့်စီးသည်။
အစိမ်းနုရောင်လိုင်းတစ်လျှောက်လုံးတွင် Variable Secondary Chilled water Flow ဖြင်စီးသည်။ Primary Circuit နှင့် Secondary Circuit ကို By Pass Line (ပိုက်) ဖြင့်ချိတ်ဆက်ထားသည်။ ထို By Pass Line (ပိုက်) သည် မတူညီသည့် ရေလည်ပတ်နှုန်း (chilled water flow rate) ရှိကြသည့် Circuit နှစ်ခုကို ထိန်းညှိပေးသည် အလုပ်ကိုတာဝန်ယူသည်။ ထို Circuit နှစ်ခု၏ ရေလည်ပတ်နှန်း (chilled water flow rate) သည် အတိအကျတူညီမည့် အချိန်သည် အလွန်ဖြစ်နိုင်ခဲသည်။ ထိုကြောင့် အချိန်တိုင်း ၌ Circuit တစ်ခု၏ ရေလည်ပတ်နှန်း (chilled water flow rate) သည် အခြားတစ်ခုထက် အမြဲတမ်း များနိုင်၊ နည်းနိုင်သည်။
Secondary Circuit (Demand) ၏ ရေလည်ပတ်နှန်း (chilled water flow rate) သည် Primary Circuit (Supply) ၏ ရေလည်ပတ်နှန်း (chilled water flow rate) များသည့်အခါ By Pass Line (ပိုက်)အနီးရှိ အစိမ်းနုရောင်များအတိုင်းစီးသည်။ Secondary Circuit (Demand) > Primary Circuit (Supply)
Primary Circuit (Supply) ၏ ရေလည်ပတ်နှန်း (chilled water flow rate) သည်Secondary Circuit (Demand)၏ ရေလည်ပတ်နှန်း (chilled water flow rate) များသည့်အခါ By Pass Line (ပိုက်)အနီးရှိအပြာရောင်များအတိုင်းစီးသည်။
အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည့် ဉပမာကို လေ့လာခြင်းဖြင့် ပိုမိုရှင်းလင်းစွာနားလည်နိုင်ပါသည်။

Primary Circuit (Supply) flow သည် Secondary Circuit (Demand) flow တူညီကြခြင်း

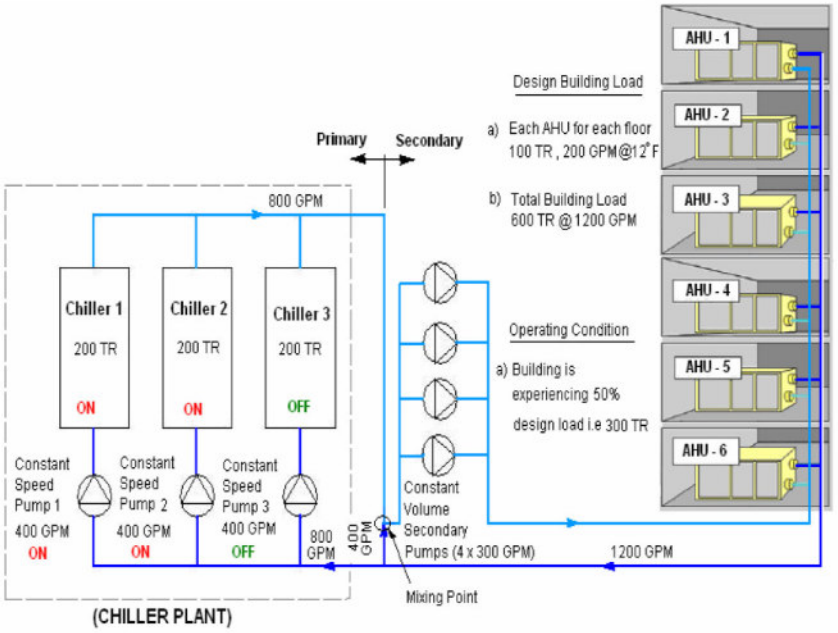
Secondary Circuit (Demand) 1200 GPM = Primary Circuit (Supply) 1200 GPM



အထက်တွင်ဖော်ပြထားသောပုံသည် Secondary Circuit တွင် Building Loadအရလိုအပ်သော ရေလည်ပတ်နန်း (chilled water flow rate) 1200 GPM ဖြစ်သည်။ Primary Circuit (Production Load = pump 1 လုံးလျှင် ၄၀၀ GPM ရှိသော pump 3 လုံးမောင်းသောကြောင့် ရေလည်ပတ်နန်း (chilled water flow rate) 1200 GPM ဖြစ်သည်။ ထိုအခါ Primary Side (Supply side) flow နှင့် Secondary Side (Demand side) flow တို့သည်တူညီကြသည်။ ထို့ကြောင့် By Pass Line တွင် chilled waterမှု မရှိ သို မလိုပေ။

Primary Circuit (Supply) flow သည် Secondary Circuit (Demand) flow ထက်ပိုနည်းခြင်း

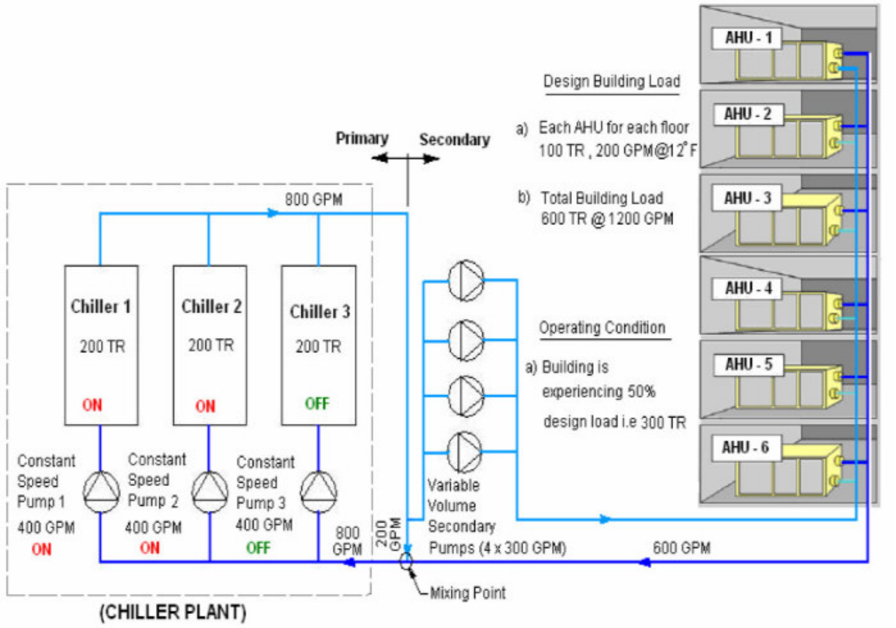
Secondary Circuit (Demand) 1200 GPM > Primary Circuit (Supply) 800 GPM



Secondary Circuit တွင် Building Loadအရလိုအပ်သော ရေလည်ပတ်နန်း (chilled water flow rate) 1200 GPM ဖြစ်သည်။ Primary Circuit (Production Load = pump 1 လုံးလျှင် ၄၀၀ GPM ရှိသော pump ၂ လုံးသာမောင်းသောကြောင့် ရေလည်ပတ်နန်း (chilled water flow rate) 800 GPM ဖြစ်သည်။ ထိုအခါ Primary Side (Supply side) flow သည် Secondary Side (Demand side) flow ထက် (၁၂၀၀ - ၈၀၀ = ၄၀၀) 400 GPM နည်းသည်။ ထို့ကြောင့် By Pass Line တွင် Secondary Circuit (Demand) မှပိုသည့် 400 GPM သည် Primary Circuit (Supply) စီးသည်။

Primary Circuit (Supply) flow သည် Secondary Circuit (Demand) flow ထက်ပိုများခြင်း

Primary Circuit (Supply) 800 GPM > Secondary Circuit (Demand) 600 GPM



Primary Circuit (Supply) ၏ ရေလည်ပတ်နန်း (chilled water flow rate) 800 GPM ဖြစ်သည်။
Secondary Circuit (Demand) ၏ ရေလည်ပတ်နန်း (chilled water flow rate) 600 GPM ဖြစ်သည်။
ထိုအခါ Primary Side (Supply side) flow သည် Secondary Side (Demand side) flow ထက် (၈၀၀ - ၆၀၀ = ၂၀၀) 200 GPM ပိုများသည်။ ထို့ကြောင့် By Pass Line အတွင်းတွင် Primary Circuit (Supply) မှပိုသည့် 200 GPM သည်Secondary Circuit (Demand)စီးသည်။

Secondary Circuit (Demand) > Primary Circuit (Supply)

Primary Circuit (Supply) 800 GPM = Secondary Circuit (Demand) 600 GPM + By Pass Line 200 GPM (From Primary to Secondary)

၁၂.၁၃ Chiller Sizing (Chiller အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်း)

အသစ်ဆောက်မည့်အဆောက်အဦးအတွက် Centralized Air Con system ၏ Chiller Plant Room တွင် Chiller ၏ အရွယ်အစားများကို Selection လုပ်ရန်လိုအပ်ပါသည်။
အောက်ပါ အဆောက်အဦးတစ်ခုကို ဥပမာပြ၍ရှင်းလင်းတင်ပြပါမည်။

ရုံးအဖြစ်သုံးပြုရန်ရည်ရွယ်သော အဆောက်အဦး(Office Building) ဖြစ်ပြီး Air Con ပေးမည့် ကြမ်းခင်းဧရိယာမှာ ၁၀၀၅၀ စတုရန်းမီတာဖြစ်သည်။ Chilled Water Pump များနှင့် Cooling Tower Fan များကို Variable Speed Drive (VSD) များတပ်ဆင်ထားသည်။ ရုံးအဖြစ်အသုံးပြုသောကြောင့် အဆောက်အဦး၏ Air Con System ကို ရုံးချိန်အတိုင်းမောင်းနှင်မည်ဖြစ်သည်။

Monday to Friday : 9:00 am to 6:00 pm

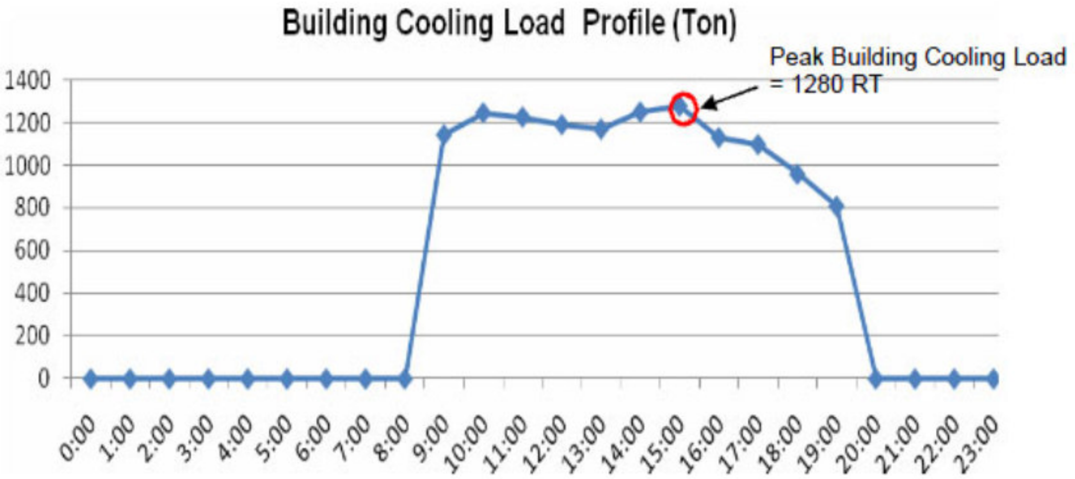
Sturday : 9:00 am to 11:00 pm

အဆောက်အဦး၏ တည်ရှိရာနေရာ နှင့် မျက်နှာမူရာ(Location and Orientation)။ တခြားသောလိုအပ်သော အချက်လက်များကို အခြေခံပြီး Thermal Simulation analysis မှ Building cooling load profile ကို ရရှိနိုင်ပါသည်။

Analysis of the design day simulated building cooling load profile for the defined building operation hours.

Design Day: July 14

Note : Design day should be the day of a year where the peak building cooling load occurs; the installed chiller plant capacity (excluding stand-by) should be designed based on this peak building cooling load occurring on the specified simulated design day.



အထက်ပါ Daily Building load Profile သည် အဆောက်ဦး၏ အမြင့်ဆုံး Building cooling load ရှိသည့်နေ့ တစ်နေ့၏ Profile ဖြစ်သည်။ ဤ ဥပမာအတွက် ဇူလိုင်လ ၁၄ရက်နေ့ မွန်းလွဲ ၃နာရီ ခန့်သည် အမြင့်ဆုံး Building cooling load ကိုဖြစ်စေသည်။ ပမာဏအားဖြင့် ၁၂၈၀ RT ဖြစ်သည်။ ဇူလိုင်လ ၁၄ရက်နေ့ကို Design Day ဟုလည်းခေါ်သည်။
တပ်ဆင်မည့် Chiller များ (သို့) Chiller Water System သည် Building cooling load ဖြစ်သည့် ၁၂၈၀ RT ရရှိအောင် Stand by chiller များမပါဘဲ မောင်းနိုင်အောင်ဒီဇိုင်းလုပ်ရပါမည်။ တနည်း Chiller Plant Room က Delivery လုပ်နိုင်သည့် Capacity သည် Building cooling load ထက်ပိုများရမည်ဖြစ်သည်။ (Stand by များကို ထည့်မတွက်ရပါ)။

အောက်ပါဇယားသည် Design Day တွင် ရှိသော Cooling Load(RT) ကို အချိန် ကိုလိုက်၍ဖော်ပြထားသည်။ နောက် colum တစ်ခု၏ Peak Load 1280RT ကို ၁၀၀% ထား၍ ဖော်ပြထားသည်။

Simulated Building Cooling Load:

Time	Cooling Load (RT)	% Part-load
0:00	0	0
1:00	0	0
2:00	0	0
3:00	0	0
4:00	0	0
5:00	0	0
6:00	0	0
7:00	0	0
8:00	1148.36	88%
9:00	1143.52	88%
10:00	1246.45	96%
11:00	1226.83	94%
12:00	1191.57	92%
13:00	1170.53	90%
14:00	1250.71	96%
15:00	1278.86	98%
16:00	1131.01	87%
17:00	1098.32	84%
18:00	959.25	74%
19:00	809.54	62%
20:00	0	0
21:00	0	0
22:00	0	0
23:00	0	0

From the simulated building cooling load profile, the peak building cooling load is **1,280 RT (> 500 RT).**

Chiller Plant Design Consideration သို့ Chiller Selection

Chiller Plant Design Consideration သို့ Chiller Selection သည် အလွန်ကျယ်ပြန့်သော အကြောင်းအရာဖြစ်ပြီး အခြေခံရမည့် အချက်အလက်များစွာနှင့် လုပ်သက် အတွေ့ အကြုံများစွာလည်း လိုအပ်သည်။

Peak Load 1280RT အတွက် အဖြစ်နိုင်ဆုံးသော Chiller အရွယ်အစား (Size) ၂ မျိုးမှာ

450 Refrigeration Ton - Water Cooled Centrifugal Chiller ၃ လုံး = ၁၃၅၀ RT

650 Water - Refrigeration Ton Cooled Centrifugal Chiller ၂ လုံး = ၁၃၀၀ RT

650 RT Chiller နှင့် 450 RT Chiller တို့တွင် မည့်သည့် chiller combination ပိုကောင်းသည်ကို လက်တန်းပြောရန်ခက်သည်။ 450 RT Chillerသည် ၃ လုံးတပ်ဆင်ရန်လိုအပ်ပြီး 650 RT Chillerဆိုလျှင် ၂ လုံးသာတပ်ဆင်ရန်လိုအပ်သည်။ 450 RT Chillerသည် ၃ လုံး အတွက် ပိုက် (Chiller water supply & Return, Condenser water supply & Return) 3 စုံ စီ လိုအပ်သည်။ Electrical အတွက်လည်း ၃စုံ၊ Control & BAS အတွက်လည်း ၃ခုစာတပ်ဆင်ရမည်ဖြစ်သည်။ Cost ကို အခြေခံ၍ ဆုံးဖြတ်လျှင် 650 RT Chiller ၂လုံးတပ်ဆင်ခြင်းသည် ပို၍ကုန်ကျစရိတ်သက်သာသည်။ 650 RT Chiller ၂ လုံးစာအတွက်လိုအပ်သည့်နေရာသည် 450 RT Chiller ၃ လုံးစာ အတွက်လိုအပ်သည့်နေရာ ထက်နည်း သည်။ (ကျဉ်းကျဉ်းသာလိုသည်)။ သို့သော် 450 RT Chiller ၃ လုံးအနက် တစ်လုံးလုံး Breakdown ဖြစ်လျှင်

450 RT သာ ဆုံးရှုံးသည်။ 900RT (450RT x 2) ကျန်သေးသည်။ 650 RT Chiller ၂ လုံးအနက် တစ်လုံးလုံး Breakdown ဖြစ်လျှင် 650 RT သာ သာကျန်လိမ်မည်။

ပထမအဆင့်

Peak cooling load 1280RT ရရှိရန် 650 RT Chiller ၂ လုံး မောင်းရန်လိုအပ်သည်။

650 RT Chiller ၂ လုံး သည်။ ထို 650 RT Chiller ၂ လုံး ကို running capacity ဟုခေါ်သည်။ ထို ၂လုံးအနက် တစ်လုံလုံး ပျက်၍သော်လည်းကောင်း သို့ servicing ပြုလုပ်ရန် ရပ်ထားလျှင်သော် လည်းကောင်း အစားထိုးမောင်းနှင်ရန်အတွက် 650 RT Chiller တစ်လုံးထပ်မံတပ်ဆင်ထားရန်လိုသည်။

ထိုအရံအဖြစ်ထားသည့် 650 RT Chiller တစ်လုံးကို Standby chiller ဟုခေါ်သည်။ 650 RT Chiller ၃ လုံး ပေါင်း 1950RT ကို installed capacity ဟုခေါ်သည်။

Step A-1 – Proposed Chillers Configuration

Installed capacity of the chillers (excluding standby) = 1,300 RT

Chillers configuration: 2 x 650 RT centrifugal chillers (operating);
1 x 650 RT centrifugal chiller (standby)

Chiller Size ကို ရွေးချယ်ပြီးပါက Chiller Plant Room ၏ Efficiency (Full Load နှင့် Part Load)ကို တွက်ချက်ရန်ဖြစ်သည်။

၁၂.၁၄ Chiller Plant Efficiency -Full Loadတွက်နည်းပုံစံ

စင်ကာပူနိုင်ငံ BCA Building and Construction Authority မှပြုစုသည့် Environmental Sustainability of Building စာအုပ်ကို မှီငြမ်းရေးသားပါသည်။

650 RT Chiller ၏ ၁၀၀% load efficiency မှာ 0.55 kW/ RT ဖြစ်သည်။ kW/ RT သည် kilo watt per Refrigeration Ton ကို ဆိုလိုသည်။ kW/ RT ကို chiller တစ်လုံးနှင့်တစ်လုံး သို့မဟုတ် chiller Plant Room တစ်ခုနှင့် တစ်ခု အချင်းချင်း Efficiency ကောင်းမကောင်းကို နှိုင်းယှဉ်ရန်အတွက် အသုံးပြုသည်။ အဓိပ္ပါယ်မှာ Cooling Capacity 1 Refrigeration Ton ရရှိရန် Chiller သည် electrical power ၀.၅၅ kW input လိုအပ်သည်။ 650 RT Chiller အတွက် (650 RT x 0.55 kW/ RT = 357.5kW) 357.5kW ဖြစ်သည်။ 650 RT Chiller တွင်တပ်ဆင်ထားသည့် Electric Motor မှာ 357.5kW ခန့် အရွယ်အစားဖြစ်သည်။

Step A-2: Determine the efficiency of the chilled-water plant at full load condition

Based on specifications, we have

A-2(a) Centrifugal water-cooled chiller *(1 x 650 RT)*:

Chiller efficiency at 100% full-load = **0.55 kW/RT**

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%

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

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

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

Total pump power (2 nos) at full load (kW) = 21.7 kW x 2
= 43.4 kW

The chilled-water pump performance at full load = 43.4/ 1300 = **0.033 kW/RT**

Pump ၏ မော်တာ kW ကို Formula ကို သုံးပြု၍တွက်ချက်ထားသည်။ Pump ကို ရောင်းသည့် compay သို့ pump supplier ထံမှလည်း Pump Curve, pump Technical data တို့ကိုလည်းရရှိနိုင်သည်။
The Chilled water pump performance at Full Load = 0.033kW/ RT ဖြစ်သည်။ အဓိပ္ပါယ်မှာ Cooling Capacity 1 Refrigeration Ton ရရှိရန် chilled water Pump များအတွက် electrical 0.033 kW input လိုအပ်သည်။

A-2(c) Condenser water pumps

(i) 2 nos of operating condenser water pumps (N+1 redundancy for each operating pump)

(ii) Water flow rate for the condenser water pump (Q) = 123 L/s

(iii) Operating static head (h) = 20m

(iv) Pump efficiency (η_p)= 85%

(v) Motor efficiency (η_m) = 94%

Power requirement of condenser water pump at full load (kW)

$$= \frac{(123)(1000)(9.81)(20)}{(10^6)(0.85)(0.94)}$$

= 30.2 kW

Total pump power at full load (kW) = 30.2 x 2 = 60.4 kW

The condenser water pumps performance at full load = 60.4/ 1300

= **0.046kW/RT**

650RT Chiller အတွက် လိုအပ်သော Condenser Water Flow Rate မှာ 123 Liter per Second.
AHRI (ယခင်အခေါ် ARI) standard အရ Water Cooled Chiller များအတွက် 1 Refrigeration Ton အတွက် လိုအပ်သော Condenser Water Flow Rate မှာ 3 USGPM per RT ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ၆၅၀RT chiller အတွက် (650RT x 3 USGPM) 1950 USGPM လိုအပ်သည်။ 1 liter per Second = 15.9 USGPM ဖြစ်လျှင် 650RT Chiller အတွက် 123 Liter per Second Condenser Water flow rate လိုအပ်သည်။

The Condenser water pump performance at Full Load = 0.046kW/ RT ဖြစ်သည်။ အဓိပ္ပါယ်မှာ Cooling Capacity 1 Refrigeration Ton ရရှိရန် condenser water Pump များအတွက် electrical 0.046 kW input လိုအပ်သည်။

A-2(d) Cooling towers

(i) 3 x identical cooling towers (2 x cooling tower operating and 1 x cooling tower stand-by)

(ii) Heat rejection capacity per cooling tower = 815 RT

(iii) Total heat rejection for 3 x cooling towers = 2445 RT

(iv) Input power per cooling tower = 37.5 kW

At full load,

2x cooling towers will be operating at full capacity,

Cooling towers' fan power consumption at full speed = 37.5 x 2 kW

= 75 kW

The cooling tower performance at full load = 75/1300 = **0.058 kW/RT**

စုစုပေါင်း Cooling Towers ၃လုံးတပ်ဆင်ထားသည်။ Cooling Tower လုံးမှာအချိန်တိုင်းတွင် လိုအပ်သလိုမောင်းနေလိမ့်မည်ဖြစ်ပြီး တစ်လုံးမှာ Stand by အတွက်ဖြစ်သည်။ Stand by Cooling Tower သည် မောင်းနေသည် Duty Cooling Tower ၂ လုံးအနက်မှ တစ်လုံးလုံး Break down ဖြစ်ခဲ့လျှင် Plant Room ကို ဆက်လက်မောင်းနှင်နိုင်ရန် အတွက် အရံထားရှိခြင်းဖြစ်သည်။

Cooling Tower performance at Full Load = 0.058kW/ RT ဖြစ်သည်။ အဓိပ္ပါယ်မှာ Cooling Capacity 1 Refrigeration Ton ရရှိရန် Cooling Tower များအတွက် electrical 0.058 kW input လိုအပ်သည်။

အထက်ပါအတိုင်း Equipment များ (Chiller, Chilled Water Pumps, Condenser Water Pumps နှင့် Cooling Towers) တစ်ခုခြင်း၏ Full Load Efficiency ကို တွက်ချက်ပြီးပါက အောက်ပါအတိုင်း Central Chiller Plant တစ်ခုလုံး၏ Full Load Efficiency ကို အောက်ပါအတိုင်းတွက်ယူနိုင်သည်။

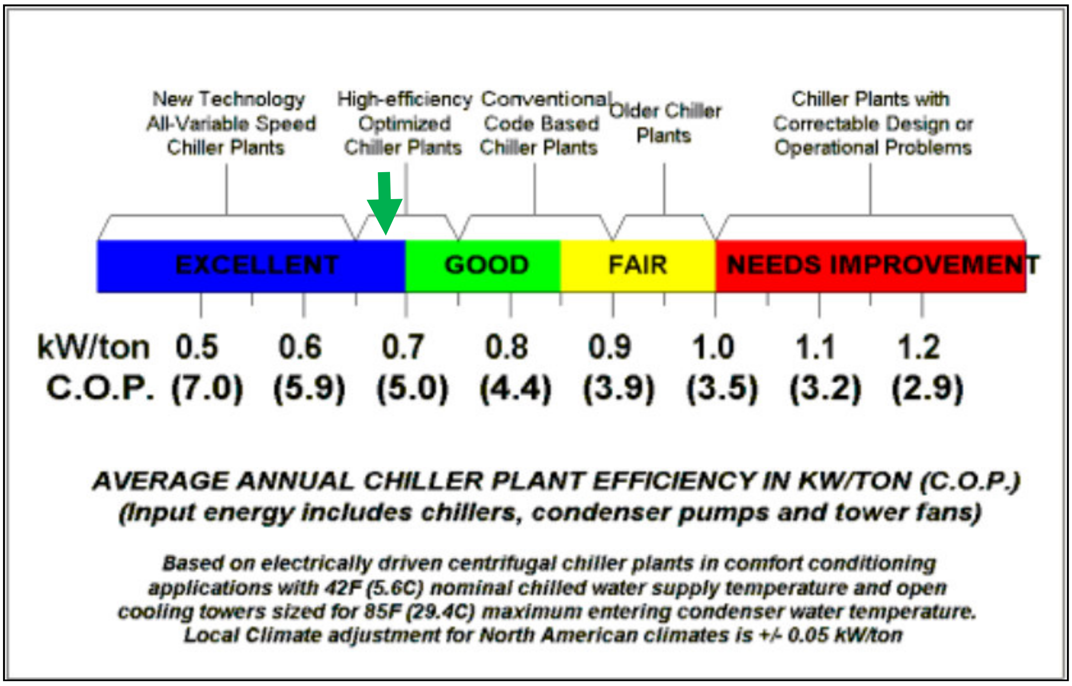
A-2(e) Central chilled-water plant efficiency

- For central chilled-water plant operating at full load, the efficiency is:

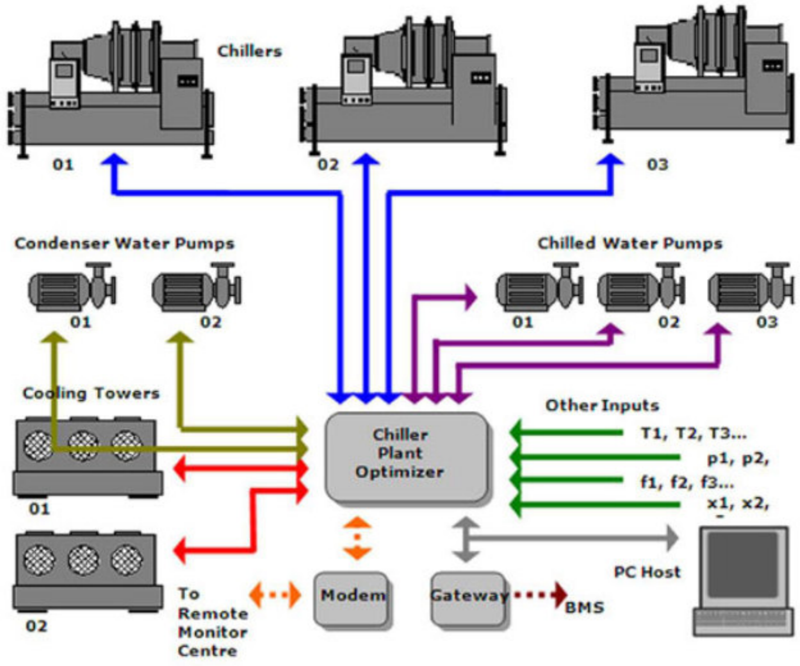
Equipment Type	Proposed design based on specs (kW/RT)
Chillers (e.g. greater than 300 RT)	0.55
Chilled Water Pump	0.033
Condenser Water Pumps	0.046
Cooling Towers	0.058
Total:	0.687

< 0.7 kW/RT

အထက်ပါတွက်နည်းအရ ဥပမာတွင်ဖော်ပြထားသောအဆောက်အဦးတွင်တပ်ဆင်ထားသည့် chilled water Plant ၏ system efficiency မှာ 0.687 kW/RT ဖြစ်သည်။ အောက်တွင်ဖော်ပြထားသော ASHRAE မှ သတ်မှတ်ချက်များအရ 0.687 kW/RT system efficiency ရှိသည့် chilled water System သည် High Efficiency Optmized chiller Plant အဆင့်ဖြစ်သည်။ Excellent ဖြစ်လောက်အောင် system efficiency သည် သာလွန်ကောင်းမွန်သည်။



Starting Sequence and Shutdown Sequece of Chiller Plant Room



၁၂.၁၅ Starting Sequence of Chiller Plant Room

Centralized Chiller Plant များတွင်ယေဘူယအားဖြင့် အောက်ပါ Equipment များပါဝင်ကြသည်။

Water Cooled Chiller

Primary Chilled Water Pump (တစ်ချို့ သော Centralized Chiller Plant တွင် Secondary Chilled Water Pump ရှိတတ်သည်။)

Cooling Tower (Air Cooled Chiller ကို အသုံးပြုလျှင် Cooling Tower နှင့် Condenser Water Pump မပါ, ဝင်ပါ။)

Condenser Water Pump (Air Cooled Chiller ကို အသုံးပြုလျှင် Cooling Tower နှင့် Condenser Water Pump မပါဝင်ပါ။)

Air Handling Unit/Fan Coil Unit. တို့ဖြစ်ကြသည်။

Equipment များသည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခုသော် ၄င်း သူနှင့်သက်ဆိုင်သည့် Valve များနှင့်သော် ၄င်း Interlock လုပ်ထားကြသည်။ Interlock ဆိုသည်မှာ Equipment Safety, Humam safety, electrical အရလိုအပ်ချက်, Mechanical အရလိုအပ်ချက် တို့ကြောင့် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အပြန် အလှန် ထိန်းချုပ်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ (ဥပမာ Water Cooled Chiller တွင် Chilled Water Pump နှင့် Condenser Water Pump မမောင်းဘဲ Water Cooled Chiller ကို မောင်း၍မရအောင်လုပ်ထားခြင်းသည် Interlock ပင်ဖြစ်သည်။)၊ Interlocking တွင် Hardwire interlock နှင့် Software Interlock နှစ်မျိုးရှိသည်။ Hardwire interlock ဆိုသည်မှာ Control Panel တွင် ဝါယာကြိုးဖြင့် သွားရောက် တပ်ဆင်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ Software Interlock ဆိုသည်မှာ မည်သည့် ဝါယာကြိုးကို မျှအသုံးမပြုဘဲ Building Automation သို့ PLC မှ Controller ၏ အတွင်းရှိ Program တွင် ရေးသားထားခြင်းဖြစ်သည်။

Centralized Chiller Plant တစ်ခု ၏ operation လုံးကို စတင်ရန် အထက်ပါ Equipment များ ကို Starting Sequence အတိုင်း တစ်ခုပြီးမှ တစ်ခုသာ အစီအစဉ်အတိုင်းစတင်ရပါမည်။

၁- Air Handling Unit/Fan Coil Unit များ ကို စတင်မောင်းနှင်ရပါမည်။ အကြောင်းမှာ Air Handling Unit/Fan Coil Unit သည် ရပ်ထားသည်အခါတွင် AHU/FCU ၏ chiller water control valve များသည်

Fully closed position ဖြစ်နေသည်။ Singapore Stand SS553:2009 (CP13) အရ လိုအပ်ချက်တစ်ခုလည်းဖြစ်သည်။ AHU/FCU ၏ chiller water control valve များအားလုံးပိတ်နေခိုက်၌ Chiller water pump ကို စတင်မောင်းရန်လည်းမဖြစ်နိုင်ပါ။ လုံလောက်သည့် ရေပမာဏလည်း စီးမည်မဟုတ်ပါ။ ထို့ကြောင့် AHU/FCU များကို ပထမ ဦးစွာ စတင်မောင်းရန်လိုအပ်သည်။ များသောအားဖြင့် AHU/FCU နှင့် chiller water control valve များတွင် Interlock လုပ်ထားကြသည်။

၂- AHU/FCU များကိုမောင်းပြီးသည့်နောက် Primary Chilled Water Pump ကို စမောင်းရန်အတွက် Primary Chilled Water Pump ၏ Isolation vavle ကို အရင်ဖွင့်ရန်လိုအပ်သည်။Primary Chilled Water Pump ၏ Isolation vavle ပွင့်ပြီးသည့်နောက် Primary Chilled Water Pump ကို စတင်မောင်းပါ။ Pump ကို Isolation vavle များတွင် Interlock လုပ်ထားကြသည်။ တစ်လုံးထက် ပိုသော Chiller များကို မောင်းရန်လိုအပ်လျှင် Primary Chilled Water Pump များကိုလည်း လိုအပ်သည့်အရေအတွက်အတိုင်းမောင်းရမည်။ (ဥပမာ Chiller ၃ လုံးအတွက် Primary Chilled Water Pump ၃ လုံးမောင်းရမည်။ Pump များကို တစ်လုံးပြီးမှ တစ်လုံးမောင်းရမည်။ ပထမ ပန့် မောင်းပြီး ၍ Full load condition တွင် Stable ဆို မှ နောက် ပန့် တစ်လုံးကို မောင်းပါ။

၂က-တစ်ချို့ သော Centralized Chiller Plant တွင် Secondary Chilled Water Pump ရှိတတ်သည်။ Secondary Chilled Water Pump ရှိပါက Secondary Chilled Water Pump ၏ Isolation vavle ကို အရင်ဖွင့်ပါ။ ထို့နောက် Secondary Chilled Water Pump ကိုမောင်းပါ။Pump ကို Isolation vavle များတွင် Interlock လုပ်ထားကြသည်။

၃- Cooling Tower ၏ Isolation vavle ကို အရင်ဖွင့်ပါ။ Cooling Tower ကိုမောင်းပါ။ (Cooling Tower ၏ Isolation vavle များပိတ်နေလျှင် Condenser Water Water Pump ကို မမောင်းရပါ။ ရေလည်းလည်ပတ်မည်မဟုတ်ပါ။)။ Cooling Tower ကို Isolation vavle များတွင် Interlock လုပ်ထားကြသည်။

၄- Condenser Water Pump ၏ Isolation vavle ကို အရင်ဖွင့်ပါ။ ထို့နောက်Condenser Water Pump ကိုမောင်းပါ။Pump ကို Isolation vavle များတွင် Interlock လုပ်ထားကြသည်။ တစ်လုံးထက် ပိုသော Cooling Tower များကို မောင်းရန်လိုအပ်လျှင်Condenser Water Pump များကိုလည်း လိုအပ်သည့်အရေအတွက်အတိုင်းမောင်းရမည်။ Pump များကို တစ်လုံးပြီးမှ တစ်လုံးမောင်းရမည်။ ပထမ ပန့် မောင်းပြီး ၍ Full load condition တွင် Stable ဖြစ်ပြီး (full speed ရောက်ပြီ) ဆို မှ နောက် ပန့် တစ်လုံးကို မောင်းပါ။

၅- Chiller ကို မောင်းပါ။ Chiller အတွင်း၌ Chilled Water နှင့် Condenser Water တို့ Flow ဖြစ်မ ဖြစ်ကို စစ်ရန် Flower switch သို့ Differentical Pressuer switch ကို တပ်ဆင်ထားသည်။ Chiller များသည် chilled water flow switch နှင့် Condenser Water Flow switch တို့နှင့် interlock လုပ်ထားကြသည်။

Equipment တစ်ခုနှင့် တစ်ခုကြားတွင် သင့်လျော်သောTime delay ထားရှိသင့်သည်။ ထို Equipment များကို Operator မှ က Manual မောင်းနိုင်သလို Buildig Automation Sysetm မှ Cotroller များက သတ်မှတ်ထားသည့် Schedule အတိုင်း အလိုလျောက်မောင်းနိုင်သည်။

အထက်ပါ Starting Sequence သည် Chiller Plant Room အများစုတွင်အသုံးပြုလေ့ရှိသည်။ သို့သော် လုံးဝချွတ်စွတ်တူသော၊ Indentical ဖြစ်သော Chiller Plant Room သည် ရှိနိုင်ခဲသည်။ ထို့ကြောင့် Consultant, Building Owner, Engineering Team တို့သည် မိမိ Plant Room နှင့် အသင့်လျော်ဆုံးသော

Starting Sequence ကို Fine Tune လုပ်ယူကြသည်။ Air Handling Unit/Fan Coil Unit များ မှ စတင်မောင်းနှင်နိုင်သလို Cooling Tower မှ လည်းစတင်မောင်းနိုင်သည်။ ထိုနောက် Condenser Water Pump။ ထိုနောက်AHU/FCU။ Primary Pump နှင့် Secondary Pump တွင်လည်း မိမိ Plant Room နှင့် အသင့်လျော်ဆုံးသော Pump မှ စတင်နိုင်သည်။

၁၂.၁၆ Shutdown Sequece of Chiller Plant Room

Shutdown Sequece မှာ Starting Sequence ၏ အစီအစဉ်များကို ပြောင်းပြန် အတိုင်းပိတ်ခြင်းဖြစ်သည်။ ၂၄ နာရီမောင်းရန်လိုအပ်သည် Chiller Plant Room များအတွင် တစ်ခါတစ်ရမှသာ Shutdown Sequece လုပ်ရန်လိုအပ်သည်။

ညတိုင်း Shutdown လုပ်ရန်လိုသည့် Chiller Plant Room များတွင် Shutdown ရပ်ရမည့် Timing မှ အလွန်အရေးကြီးသည်။ နောက်ဆုံး Chiller ကို အဆောက်အဦးတစ်ခုလုံးမပိတ်ခင် အနည်း ဆုံး ၄၅ မိနစ် သို့ နာရီဝက်ကြို၍ ပိတ်(Stop) နိုင်သည်။ ထိုသို ပိတ်(Stop) ခြင်း ဖြင့် စွမ်းအင်ချွေတာ(Energy Saving)ရာလည်းရောက်သည်။ Chiller ပိတ်(Stop) ပြီး ပြီးခြင်း Cooling Tower နှင် Condenser Water Pump ကို ပိတ်(Stop) နိုင်သည်။ Chilled Water Pump ကို အနည်း ဆုံး၁၅ မိနစ် ကြို၍ ပိတ်(Stop) နိုင်သည်။ AHU/FCU ကို ၅ မိနစ် ကြို၍ ပိတ်(Stop) နိုင်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် Chiller ပိတ်(Stop) သော်လည်း အေးနေသည့် Chiller water ကို ဆက် လက် Circulate လုပ်ခြင်းဖြင့် အေးခါတ်ဆက်လက်ရရှိနိုင်သည်။

Central air conditioning system တွင် Energy အသုံးပြုဆုံး Equipmentမှာ Chillerပင်ဖြစ်သည်။ Commercial အဆောက်အဦးများတွင် လျှပ်စစ်ဓါတ်အားသုံးစွဲမှုစုစုပေါင်း၏ ၅၀%ကျော်ကို Air Con System က သုံးစွဲသည်။ အဆောက်အဦးတစ်ခုလုံး ၏ လျှပ်စစ်ဓါတ်အားသုံးစွဲမှု (Energy consumption) သည် chiller plant room ၏ efficiency အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

Chillerများကိုတပ်ဆင်ထားသည့် compressor အမျိုးအစားနှင့် condenser အမျိုးအစားပေါ်တွင်မူတည်၍ ပြောဆိုလေ့ရှိသည်။ condenser သည်လေကိုအသုံးပြု၍ Heat rejection ပြုလုပ်လျှင် Air Cooled Chiller ဟုသတ်မှတ်ပြီး ရေကိုအသုံးပြု၍ Heat rejection ပြုလုပ်လျှင် Water Cooled Chiller ဟုသတ်မှတ်သည်။ အသုံးပြုထားသည့် compressor အမျိုးအစားသည် chiller အမျိုးအစားအစားအဖြစ် သတ်မှတ်ခေါ်ဆိုသည်။ Centrifugal compressor ကိုအသုံးပြု၍ refrigerant ကို compression လုပ်လျှင် Centrifugal chiller ဟုခေါ်သည်။ ဥပမာ water cooled centrifugal chiller တွင်အသုံးပြုသော compressor ၄မျိုးမှာ

(က)Reciprocating Compressor
(ခ) Scroll Compressor
(ဂ) Screw Compressor
(ဃ) Centrifugal Compressor တို့ဖြစ်သည်။

Chiller များ၏ performance ကောင်းမကောင်းကို Chiller များ၏ efficiency ဖြင့် နှိုင်းယှဉ်လေ့ရှိသည်။ Chiller efficiency ကို cooling တစ် unit ထုတ်ပေးရန် (produced) အတွက် လျှပ်စစ်စွမ်းအင် မည်မျှ အသုံးပြုသည်ကို တိုင်းတာ၍ ပြောလေ့ရှိသည်။

English IP System အတွက် Chiller efficiency မှာ kW/ RT ဖြစ်သည်။

$$kW\ per\ RT = \frac{\boldsymbol{Electrical\ Power\ input\ (kW)}}{\boldsymbol{Tons\ of\ refrigeration\ (RT)}}$$

SI metric system အတွက် Chiller Efficiency မှာ COP (Coefficient of performance) ဖြစ်သည်။

$$COP = \frac{kW\ refrigeration}{kW\ input}$$

kW refrigeration effect = RT x 3.517

reciprocating compressor နှင့် scroll compressor များ အသုံးပြုထားသည့် Direct expension Refrigeration unit များတွင် Energy Efficiency Ratio (EER) ကိုအသုံးပြုသည်။

Energy Efficiency Ratio (EER) = Cooling capacity (Btu/ h) / Electric power unit (W)

Chiller များ၏ efficiency သည် Loading ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ ထို့ကြောင့် chiller တစ်လုံး ၏ Efficiency ကောင်းမကောင်းကို ပြောရန် full load (100% of rated capacity) တစ်ခုတည်းကိုသာ ကြည့်၍ပြောဆိုရန်မဖြစ်နိုင်။ port load condition (90%, 80%, 70% စသည်) ၏ efficiency ကိုပါ ထည့်သွင်း ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ Chiller ထုတ်လုပ်သူမက အသေးစိတ် Technical Data များကို အသုံးပြုသူများ ရွေးချယ်ရန်အတွက် ပေးရသည်။

% of Loading	Chiller A Efficiency	Chiller B Efficiency
100% Loading	0.55 kW/ RT	0.54 kW/ RT
70% Loading	0.65 kw/ RT	0.61 kw/ RT

အကယ်၍ အဆောက်အဦးတစ်ခု၏ chiller plant room သည် 100% Loading တွင် အချိန် အနည်းငယ်သာမောင်းပြီး ကျန်အချိန်အများစုမှာ 70% Loading တွင်မောင်းမည်ဆိုပါက Chiller B ကိုရွေးချယ်သင့်သည်။

အကယ်၍ Chiller ရွေးချယ်ရန်အတွက် Actual Cooling load profile ကို မရနိုင် ၊ မသိနိုင်ပါက Integrated Part-Load Value (ILPV) rating ကိုအသုံးပြု၍ Chiller performance ကို စစ်ဆေးနိုင်သည်။ ILPV သည် Chiller အများစု မောင်းလေ့ရှိသည့် (common operating conditions) အခြေအနေကို အခြေခံ၍ တွက်ထားသည် Weightage Efficiency ဖြစ်သည်။

$$IPLV = 1 / [(0.17 / A) + (0.39 / B) + (0.33 / C) + (0.11 / D)]$$

Where A = kw/RT at 100% Load
B = kw/RT at 75% Load
C = kw/RT at 50% Load
D = kw/RT at 25% Load

IPLV ဆိုသည်မှာ Integrated par load Value ဖြစ်သည်။ Actual loading ကို မသိနိုင် မရနိုင်သောကြောင့် Chiller အများမောင်းသည့် ပုံစံကို ခန့်မှန်း၍ တွက်ချက်ခြင်းဖြစ်သည်။

Chiller Loading (%)	Operation Hour (%)
100% Loading	17% of operation Hours
75% Loading	39% of operation Hours
50% Loading	33% of operation Hours
25% Loading	11% of operation Hour

Condenser Subcooling

Compressor တစ်လုံးတည်းသာ (Multistage မဟုတ်သည့် Chiller) ပါသည့် Chiller များတွင် liquid refrigerant ကို subcooling လုပ်ခြင်းဖြင့် refrigerant's effect ပိုမိုများလာသည်။ ထို့ကြောင့် chiller efficiency လည်းပိုကောင်းလာသည်။

၁၂.၁၇ Chiller System များအတွက် Energy Saving နည်းကောင်းများ (Simple Chiller Plant Optimisation Strategies)

(က) Fixed start/stop Vs Optimal start/stop

Fixed start/stop ဆိုသည်မှာ chiller plant room ၏ နေ့စဉ်စတင် မောင်းချိန်နှင့် ရပ်ချိန်တို့ကို ပုံသေ သတ်မှတ်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ မိုးရွာသည်ဖြစ်စေ၊ နေပူသည်ဖြစ်စေ မောင်းချိန် နှင့် ရပ်ချိန် တို့မှာ မပြောင်းလဲပေ။

Optimal start/stop ဆိုသည်မှာ နံနက်အချိန်တွင် outdoor temp သည် သတ်မှတ်ထားသည့် အပူချိန်ထက် နိမ့်နေပါက chiller plant ကိုမိနစ်အနည်းငယ် စောင့်ဆိုင်းပြီးမှ စတင်မောင်းခြင်း၊ ရပ်ရမည့်အချိန်ထက် ၁နာရီ၊ နာရီဝက်အလိုခန့်တွင် မိုးရွာခြင်း (သို့) outdoor temperature သည် သတ်မှတ်ထားသည့် အပူချိန်ထက်နိမ့်ပါက chiller plant ကို မိနစ်အနည်းငယ်စော၍ Shutdown လုပ်ခြင်းတို့ဖြစ်သည်။ ရာသီဥတုကိုလိုက်၍လည်း Optimal start/stop timing ကိုရွေးချယ်နိုင်သည်။

အချိန်မည်မျှ (မိနစ်) နောက်ကျ၍ မောင်းရမည်ကို outdoor temperature မှ ခန့်မှန်း တွက်ချက်နိုင်သည်။ မည်မျှစောစော shutdown load လုပ်ရမည်။ outdoor temp နှင့် Building အရွယ်အစားကို လိုက်၍ ခန့်မှန်းနိုင်သည်။ အဆောက်အဦးကြီးများလျှင် Thermal mass များသောကြောင့် အဆောက်အဦးအတွင်းရှိ အအေးဓါတ်သည် indoor temp ကို ပိုကြာရှည်စွာ ထိန်းထားနိုင်စွမ်းရှိသည်။

(ခ) Leaving chilled water setpoint with constant primary flow.

VSD တပ်ဆင်ထားခြင်းမရှိပဲ Constant speed ဖြင့်မောင်းသော Chiller plant များတွင် leaving chilled water setpoint reset strategy ကိုအသုံးပြုနိုင်သည်။ Leaving chilled water ၏ temp ကို 1°C မြင့်လိုက်ရုံဖြင့် Chiller energy consumption ၏ 1% သို့ 1.5% ကို လျှော့ချနိုင်သည်။ တနည်း 1% သို့ 1.5% Save လုပ်နိုင်သည်။ Building automation တပ်ဆင်ထားသည့် အဆောက်အဦးဖြစ်လျှင် Air Handling unit နှင့် Fon Coil unit တို့၏ chilled water control valve position ကို ကြည့်၍ reset ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Chilled Water reset ပြုလုပ်နိုင်သည့်နည်းများ

(က) Resetting chilled water setpoint based on outdoor air temperature

Outdoor air temp မြင့်လျှင် Building heat load များသည်။ outdoor air temp သည် သတ်မှတ်ထားသည့် အပူချိန်တစ်ခုအထိနိမ့်လာလျှင် Chilled water, setpoint ကိုမြင့်နိုင်သည်။

ဥပမာအားဖြင့် စင်ကာပူနိုင်ငံ၏ outdoor temp သည် 32°-33°C ဖြစ်သောကြောင့် Building Cooling Load သည် 33°C ကိုအခြေခံ၍ တွက်ထားသည်။ အကယ်၍ outdoor temp သည် 29°C အထိနိမ့်ဆင်းလာလျှင် chilled water setpoint ကို မြင့်နိုင်သည်။

Chilled water temp (C)	Outdoor temp
6.7 C (Standard)	33̊ C (Standard)
7.2 C	29̊ C and below
7.5 C	27̊ C and below

(ခ) Resetting the chilled water set point based on total building load.

လက်ရှိအဆောက်အဦးတစ်ခု၏ တစ်နေ့တာ load profile ကိုနားလည်ပြီးနောက် Building cooling load ကို အခြေခံ၍ chillend water reset ပြုလုပ်နိုင်သည်။ cooling load ကျဆင်းလာလျှင်

(နိမ့်လာလျှင်) Chilled water temp ကို မြင့်ပေးနိုင်သည်။ အဆောက်အဦး တစ်ခု၏ Load profile သည် အခြားအဆောက်အဦးတစ်ခု၏ Load profile နှင့်မတူညီနိုင်။ မိမိအဆောက်အဦး၏ Load profile နှင့်သင့်လျော်သော chilled water setpoint ကို ရှာဖွေမှတ်သားထားသင့်သည်။

(ဂ) Resetting the chilled water setpoint based on summer/ winter mode or time schedule.

နွေမိုးဆောင်းရာသီဥတုကိုလိုက်၍ Chiller water setpoint ကိုပြောင်းလဲနိုင်သည်။ နွေရာသီ၏အနိမ့်ဆုံး chilled water setpoint မှာ 6.7°C ဖြစ်လျှင် ဆောင်းရာသီတစ်လျှောက်လုံး ၏ အနိမ့်ဆုံး setpoint မှာ 7.2°C ဖြစ်နိုင်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ဆောင်းရာသီတွင် outdoor temp မှာ နိမ့်သောကြောင့် setpoint ကိုမြင့်ပေးခြင်းဖြစ်သည်။

အချိန်ကာလအပိုင်းအခြားကိုလိုက်၍လည်း setpoint ကို ပြောင်းလဲနိုင်သည်။ Shopping center တစ်ခုသည် ည ၁၀ နာရီတွင် Chiller shutdown လုပ်ရန်သတ်မှတ်ထားလျှင် ည ၈ နာရီခွဲ (သို့) ၉ နာရီအချိန်တွင် chilled water setpoint ကို 8.5°C အထိမြင့်ထားနိုင်သည်။ Shopping Center မပိတ်ခင် ၁ နာရီအလိုတွင် Customer များနည်းသွားခြင်း ၊ Shopping အတွင်းရှိစက်များ အချို့မှာ မသုံးတော့ခြင်းတို့ကြောင့်ဖြစ်သည်။ ဤကဲ့သို့ cooling load ကို predict လုပ်နိုင်လျှင် Chiller ၏အတွင်းရှိ ကိရိယာများမှ unload လုပ်မည့်အချိန်ကို မစောင့်ဘဲ chilled water setpoint ကို မြင့်ခြင်းဖြင့် chiller အားကြိုတင် unload လုပ်ခိုင်းခြင်းဖြစ်သည်။ **(ပုံ 13.7 JCS).**

(ဃ) Resetting the chilled water setpoint based on AHU and FCU control valve position.

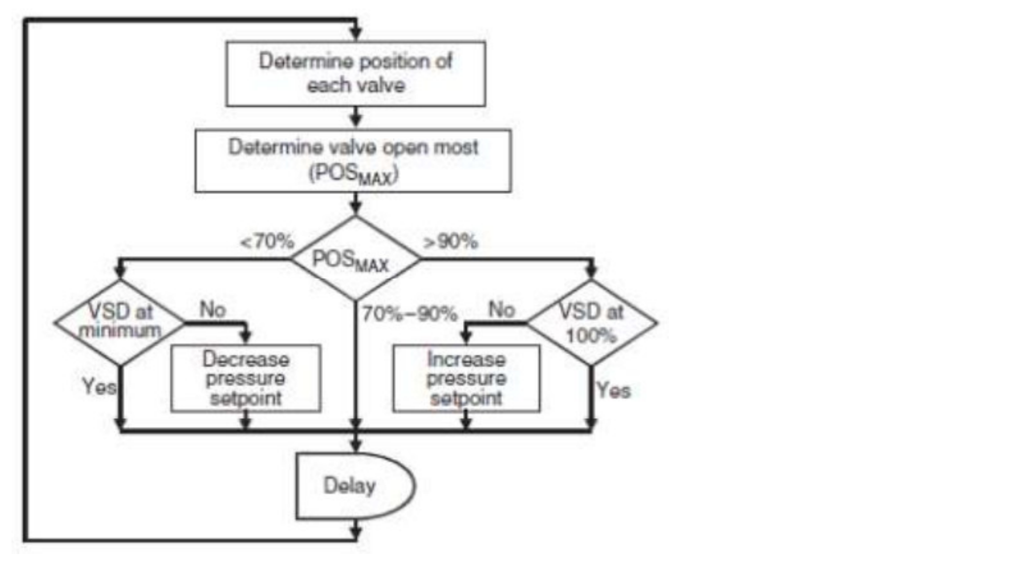
Building automation system (BAS) ၏အကူအညီဖြင့် AHU နှင့် FCU အားလုံး (သို့အများစု) ၏ Valve position ကိုသိနိုင်သည်။ Control Valve များအားလုံး (သို့မဟုတ်အများစု) ၏ position (%) သည် valve တစ်ခုခြင်းစီ၏ position (%) ကိုပေါင်းပြီး valve အရေအတွက်နှင့်စားခြင်း ဖြစ်သည်။ Valve အားလုံး၏ position (%) သည် 90% ထက် ကျော်နေပါက chilled water setpoint ကို နိမ့်ပေးသင့်သည်။ Valve အားလုံး၏ position မှာ 90% ထက်များနေခြင်းသည် Air Side (Demand side) ၌ cooling load ပိုမိုလိုအပ်နေခြင်း ဖြစ်သည်။

Valve အားလုံး ၏ position သည် 90% နှင့် 70% အတွင်းရှိလျှင် Supply Side (Chiller Side) နှင့် Demand Side (Air Side) ၏ cooling load သည် ညီမျှနေသည် (Match) ဟု အဓိပ္ပါယ် သက်ရောက်သည်။ လက်ရှိ Chiller water temperature သည် အကောင်းဆုံး Setpoint ဖြစ်သည်။ ထပ်နိမ့်စရာလည်းမလို၊ ထပ်မြင့်စရာလည်း မလိုအပ်ပေ။

Valve အားလုံး ၏ position သည် 70% ထက်နည်းလျှင် Chilled Water setpoint ကိုမြင့်နိုင်သည်။ လက်ရှိ chilled water setpoint သည် သတ်မှတ်ထားသည့် အမြင့်ဆုံး setpointသို့ မရောက်သေးလျှင် ထပ်မြင့်နိုင်သည်။ အမြင့်ဆုံး setpoint သို့ရောက်နေလျှင် ဆက်မြင့်ရန် မလိုတော့ပေ။

ပုံတွင်ပြထားသည့် chilled water reset strategy ၏ control logic မှာအောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

ပထမဦးစွာ Maximum setpoint တန်ဘိုးနှင့် Minimum setpoint တန်ဘိုးကို အရင်သိထားရန် လိုအပ်သည်။



Control strategy for optimizing variable speed chilled water pumps.

Valve အားလုံး၏ position POS_{MAX} ကို အခြေခံ၍ အပိုင်း ၃ ပိုင်းခွဲရန်

POS_{MAX} သည် 90% ထက်များလျှင် Minimum setpoint ရောက်မရောက်စစ်ဆေးရန် ၊ လက်ရှိ chilled water setpoint သည် သတ်မှတ်ထားသည့် Minimum setpoint သို့ မရောက်သေးပါက 0.2°C နိမ့်ပါ။ အချိန်အနည်းငယ် စောင့်ကြည့်ပါ။

လက်ရှိ Chilled water stepoint သည် Minimum setpoint သို့ (Valve အားလုံး၏ position သည် 90% ကျော်နေသမျှကာလပတ်လုံး) ရောက်သည့်တိုင် ပြုလုပ်ရသည်။

POS_{MAX} သည် 70% နှင့် 90% အတွက်ဖြစ်ပါက လက်ရှိ chilled water setpoint ကိုပြောင်းလဲရန် မလိုပေ။

POS_{MAX} သည် 70% ထက်နည်းပါက Maximum setpoint ရောက်မရောက်စစ်ဆေးရန် လက်ရှိ chilled water setpoint သည် သတ်မှတ်ထားသည့် Maximum setpoint သို့မရောက်သေးပါက 0.2°C ထပ်မြှင့်ပါ။ သတ်မှတ်ထားသည့်အချိန် အနည်းငယ်စောင့်ကြည့်ပါ။ လက်ရှိ chilled water setpoint သည် Maximum setpoint သို့ (Valve အားလုံး၏ position POS_{MAX} သည် 70% ထက်နည်းနေသမျှ ကာလပတ်လုံး) ရောက်သည့်တိုင် ပြုလုပ်ရသည်။

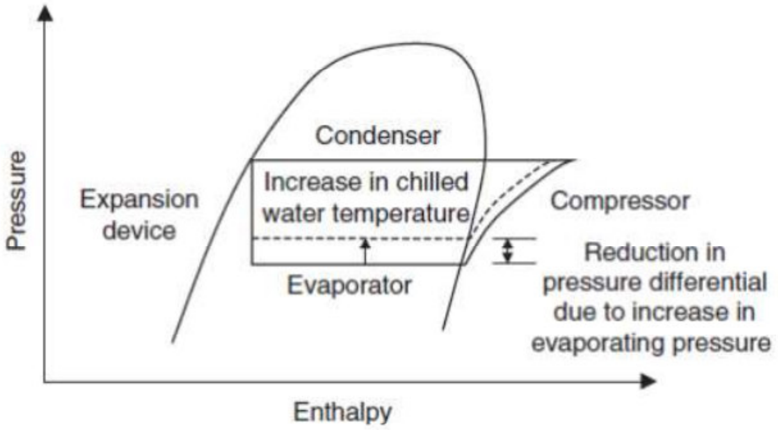


Figure 2.24 Pressure–enthalpy diagram showing effect of increasing chilled water temperature.

အထက်ပါ P-h diagram သည် vapour compression cycle တစ်ခုကို ဖော်ပြထားသည်။ Compressor သည် evaporator pressure မှ refrigerant ကို Condenser pressure အထိရောက်အောင် Compress လုပ်ရသည်။

Condenser Pressure – Evaporator Pressure = chiller Lift

Chiller Lift သည် chiller compressor ၏ အလုပ်လုပ်ရသည့်ပမာဏ (amount of work done) ဖြစ်သည်။

R22 ce refrigerant ကိုအသုံးပြုသည့် chiller compressor ၏ Lift သည် xxx ဖြစ်သည်။

R-22 refrigerant ၏

7°C ၏ Corresponding evaporator pressure မှာ 621KPa ဖြစ်သည်။

8°C ၏ Corresponding evaporator pressure မှာ 641KPa ဖြစ်သည်။

29.0 °C ၏ Corresponding Condenser pressure မှာ 1162KPa ဖြစ်သည်။

Chiller setpoint ကို 7°C မှ 8°C သို့မြင့်တင်လိုက်လျှင် Compressor သည် 621 kPa (7°C) မှ 1162 kPa (29°C သို့ compress လုပ်ရမည့်အစား 641 kPa (8°C) မှ 1162 kPa (29°C) သို့သာ compress လုပ်ရမည်။ ထို့ကြောင့် 20kPa သက်သာသွားသောကြောင့် Power Consumption လည်းနည်းလာသည်။

(c) Resetting the chilled water setpoint based on return temperature

Chiller များ၏ standard (AHR1) CHW supply temp မှာ 6.7°C ဖြစ်ပြီး CHW return temp မှာ 12.2°C ဖြစ်သည်။ CHW return temp သည် 12°C မှ 10°C သို့ကျဆင်းလာပါက CHW Supply temp ကို မြင့်ပေးနိုင်ခြင်းဖြင့် CHW return temp ကို ဒီဇိုင်းအပူချိန် 12°C သို့ပြန်ရောက်စေနိုင်သည်။ CHW return temp သည် ဒီဇိုင်းအပူချိန် 12°C မှ 10°C သို့ကျဆင်းလာသည်မှာ Cooling load နည်းလာသောကြောင့်ဖြစ်သည်။ (CHW flow rate မှာ ပြောင်းလဲမှုမရှိ (constant) ဟု ယူဆချက်ပေါ်တွင် အခြေခံသည်။)

Variable flow system တွင် Cooling load နည်းလျှင် CHW flow သာနည်းသွားသည် CHW return temp မှ ပြောင်းလဲမှုမရှိပေ။ ထို့ကြောင့် ဤကဲ့သို့ reset လုပ်ခြင်းကို constant flow system အတွက်သာ အသုံးပြုနိုင်သည်။

Variable flow CHW pumping system တွင် CHW Supply temp ကို မြှင့်လိုက်သောကြောင့် Chiller Efficiency ပိုကောင်းလာချိန်တွင် Higher CHW flow rate လိုအပ်သောကြောင့် pump များမှာ ပို၍အလုပ်လုပ်ရသည်။ ထို့ကြောင့် more pumping engery လိုအပ်သည်။ chilled water reset လုပ်ခြင်းဖြင့် အကျိုးများမများကို Chiller နှင့် pumps နှစ်ခုလုံး၏ energy consumption ပေါ်တွင် တွက်ယူရမည်။

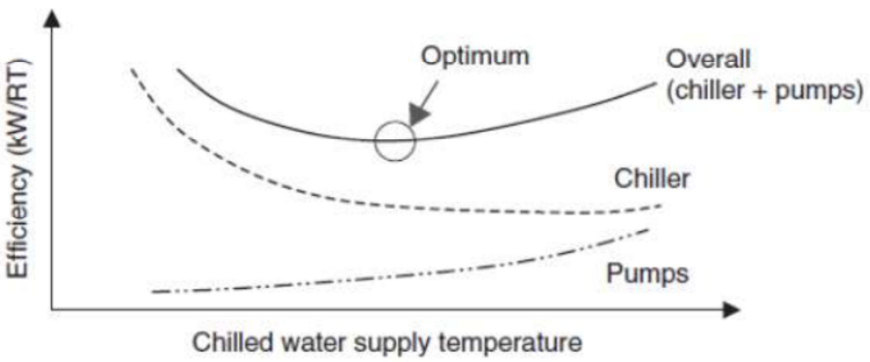


Figure 2.26 Effect of chilled water temperature on chiller and pump efficiency.

ပုံတွင်ပြထားသည့်အတိုင်း CHW Supply temp မြင့်လာခြင်းကြောင့် chiller ၏ efficiency မှာပိုကောင်းလာသည်။ Chilled water pumping Efficiency သည် ကျဆင်းလာသည်။ Optimum operating point သည် overall efficiency (chiller နှင့် pump နှစ်မျိုးစလုံး) အမြင့်ဆုံး point ဖြစ်သည်။ Optimum operating point သည် chiller နှင့် pump တို့၏ performance characteristic ပေါ်တွင် မူတည်ပြီး အဆောက်အဦးကိုလိုက်၍ ပြောင်းလဲမှုရှိသည်။

Variable Air Volume (VAV) Air Handling Unit များသည် CHW supply temp မြင့်ခြင်းကြောင့် blower motor ၏ power consumption ပိုများလာနိုင်သည်။

သုတေသနတွေ့ရှိချက်များအရ ၊ supply air temp 11°C to 13°C ဖြင့် ဒီဇိုင်း လုပ်ထားသည့် AHU များ ၊ မောင်းနေသည့် AHU များအတွက် CHW Supply temp ကို 8.5°C (47°F) အထိအမြင့်ဆုံးထား၍ reset လုပ်နိုင်သည်။

Air con system ၏ AHU သို့ FCU cooling coil များသည် sensible cooling ပေးရုံသာမက လေထဲမှ moisture (water vapour) ကိုလည်း ဖယ်ထုတ်ပေးခြင်းဖြင့် indoor air ၏ Relative Humidity ကိုထိန်းပေးထားသည်။ လေထဲမှ moisture ကိုဖယ်ထုတ်နိုင်စွမ်း (removalability) သည် CHW supply temperature ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Cooling Coil ၏ အပူချိန်သည် လေ၏ Dew point temperature ထက်နိမ့်မှသာလျှင် dehumitification (moisture removal) ဖြစ်နိုင်သည်။ CHW Supply temp မြင့်လာလေလေ dehumitification ဖြစ်မှု နည်းလာလေလေ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် conditioning space တွင် Relative humidity (%) မြင့်ကာ မလိုလားအပ်သည့် IAQ ပြဿနာများ ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည်။

End