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/ RT = kW input / Tons of refrigeration (RT)

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

COP = 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 အချိန်အနည်းငယ်သာမောင်းပြီး ကျန်အချိန်အများစုမှာ 70% Loading တွင်မောင်းမည်ဆိုပါက Chiller B ကိုရွေးချယ်သင့်သည်။

အကယ်၍ Chiller ရွေးချယ်ရန်အတွက် Actual Cooling load profile ကို မရနိုင် ၊ မသိနိုင်ပါက 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။

Chiller System များအတွက် Energy Saving နည်းကောင်းများ (သို့) Simple Chiller Plant Optimization Strategies

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

Fixed start/stop ဆိုသည်မှာ chiller plant room ၏ နေ့စဉ်စတင် မောင်းချိန်နှင့် ရပ်ချိန်တို့ကို ပုံသေ သတ်မှတ်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ မိုးရွာသည်ဖြစ်စေ၊ နေပူသည်ဖြစ်စေ မောင်းချိန်နှင့် ရပ်ချိန်တို့မှာ မပြောင်းလဲပေ။

Optimal start/stop ဆိုသည်မှာ နံနက်အချိန်တွင် outdoor temp သည် သတ်မှတ်ထားသည့် အပူချိန်ထက် နိမ့်နေပါက chiller plant ကိုမိနစ်အနည်းငယ် စောင့်ဆိုင်းပြီးမှ စတင်မောင်းခြင်း၊ ရပ်ရမည့်အချိန်ထက် ၁နာရီ၊ နာရီဝက်အလိုခန့်တွင် မိုးရွာခြင်း၊ 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 ခန့်မှန်းတွက်ချက်နိုင်သည်။ မည်မျှစောစော shutdown load လုပ်ရမည်။ outdoor temp နှင့် Building အရွယ်အစားကိုလိုက်၍ 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။ 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 (°C)
6.7°C (Standard)	33°C (Standard)
7.2°C	29°C and below
7.5°C	27°C and below

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

လက်ရှိအဆောက်အဦးတစ်ခု၏ တစ်နှစ်တာ 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 AHUS 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% ထက်ကျော်နေပါက 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 ထပ်မြှင့်နိုင်သည်။ အမြင့်ဆုံး setpoint သို့ရောက်နေလျှင် ဆက်မြှင့်ရန် မလိုတော့ပေ။

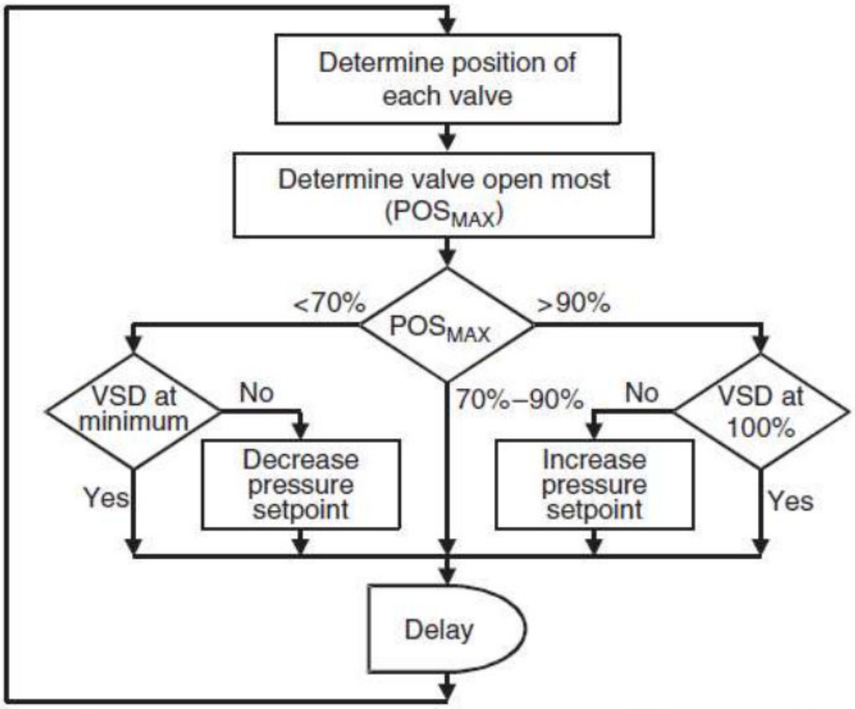

Figure 4.26 Control strategy for optimizing variable speed chilled water pumps.

ပုံတွင်ပြထားသည့် chilled water reset strategy ၏ control logic မှာအောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်သည်။

ပထမဦးစွာ Maximum setpoint တန်ဘိုးနှင့် Minimum setpoint တန်ဘိုးကို အရင်သိထားရန် လိုအပ်သည်။

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။

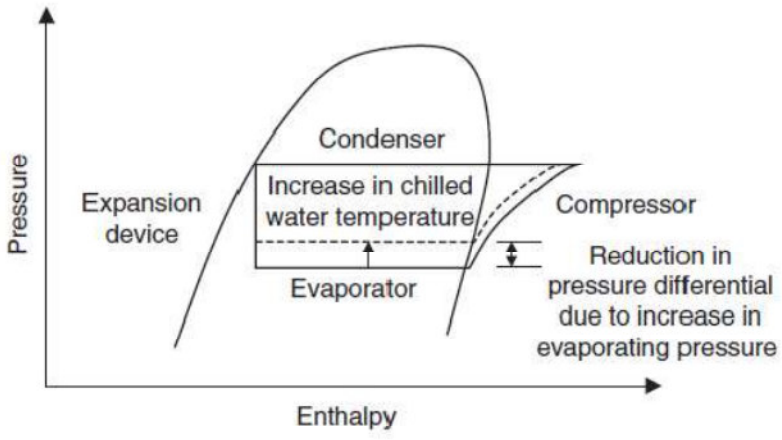

Figure 2.24 Pressure–enthalpy diagram showing effect of increasing chilled water temperature.

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 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 ၏ 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 မြင့်လိုက်သောကြောင့် 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။

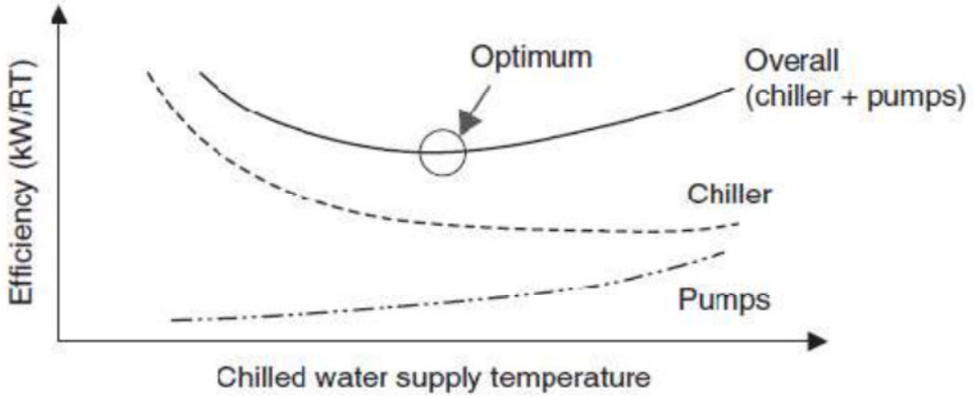

Figure 2.26 Effect of chilled water temperature on chiller and pump efficiency.

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 -