

How to think of a good design for VRV,VRF and Chillers System with Solar Power?

ဆိုလာ အင်ဇာတာ နည်းပညာဖြင့် Chillers and VRV,VRF Air Conditioners များကို မည်ကဲ့ သို့ ဒီဇိုင်းလုပ် မောင်း နှင်ကြမည် နည်း

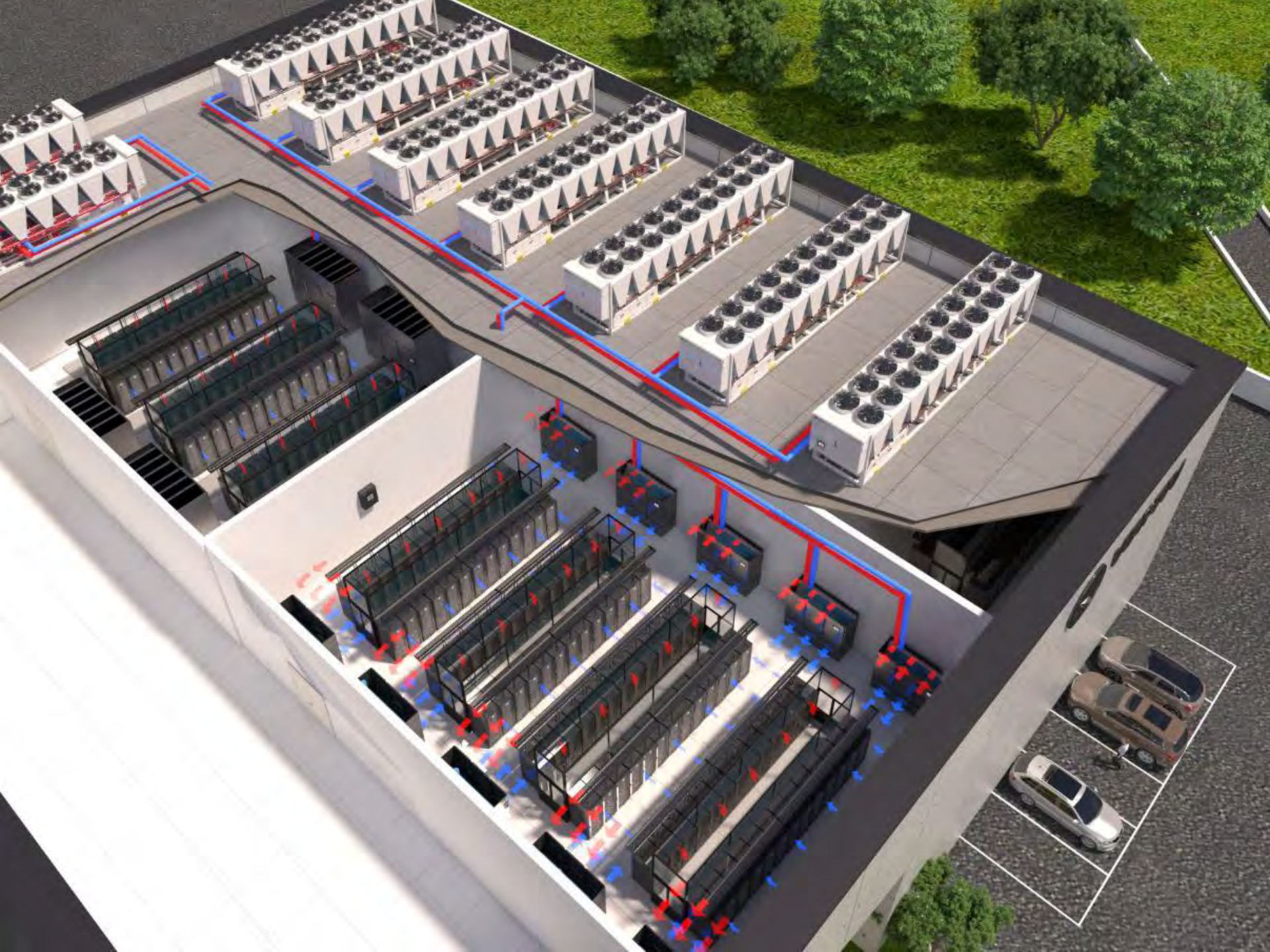


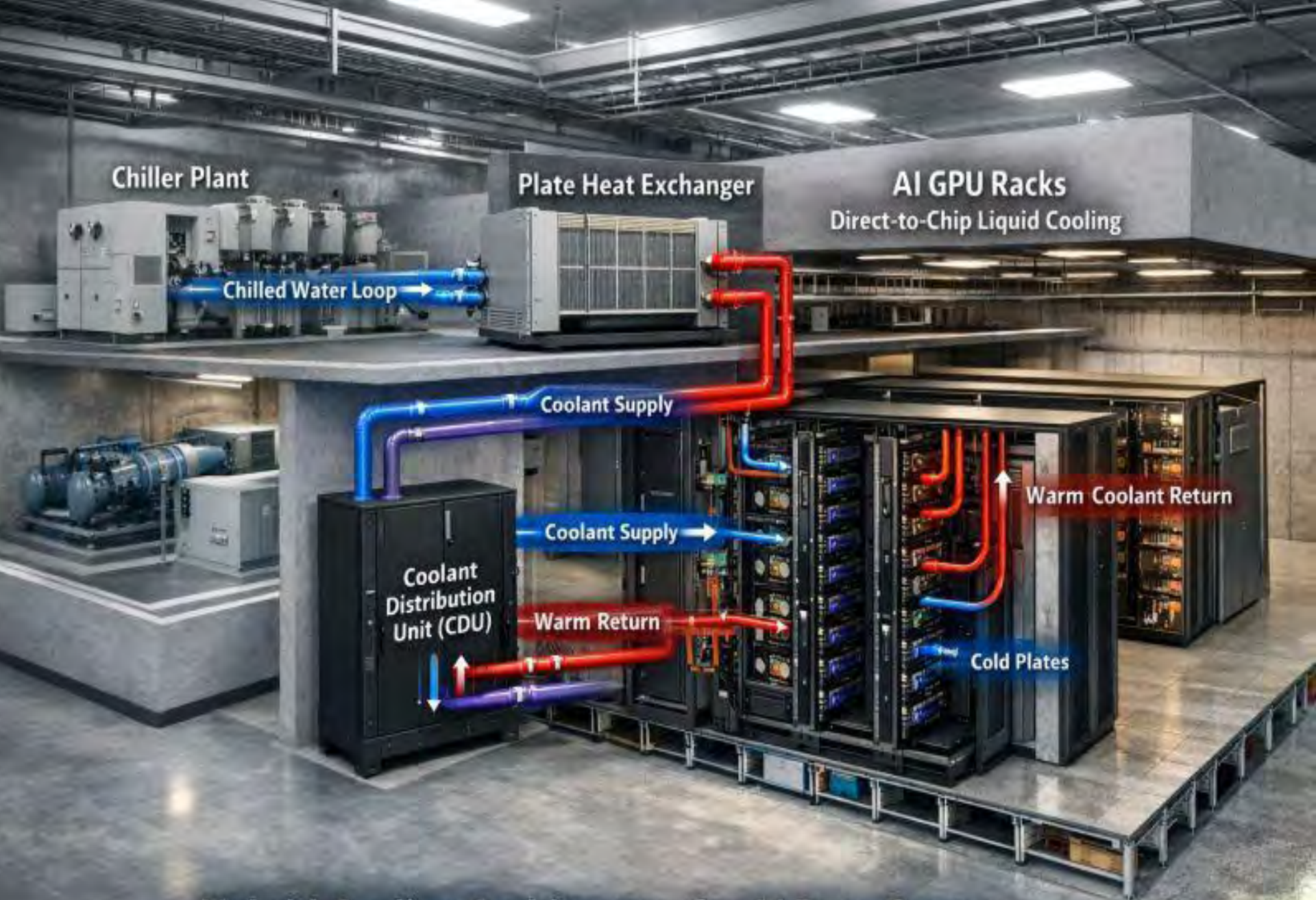
Presented by
(ဦးထိပ်တင်ထွဋ်) RSE-001 (ACMV)
AGTI (Mechanical Power)-1985
Advanced Diploma in Refrigeration and Air Conditioning
City and Guild (London)
(5-09-2026)



Data Center Roof ပေါ်မှာ PV Panel တွေ တပ်ပြီး
နောက်: Data Center ရဲ့ IT Load + ACMV Load ကို
တိုက်ရိုက်ထောက်ပံ့နိုင်ပါတယ်။ Data-center
rooftop solar installation တွေကို
လက်တွေ့အသုံးပြုနေကြပြီး roof area က
available power capacity ကို
ကန့်သတ်နိုင်တဲ့အတွက် ground-mounted/off-
site PV ကိုလည်း တွဲသုံးနိုင်ပါတယ်။

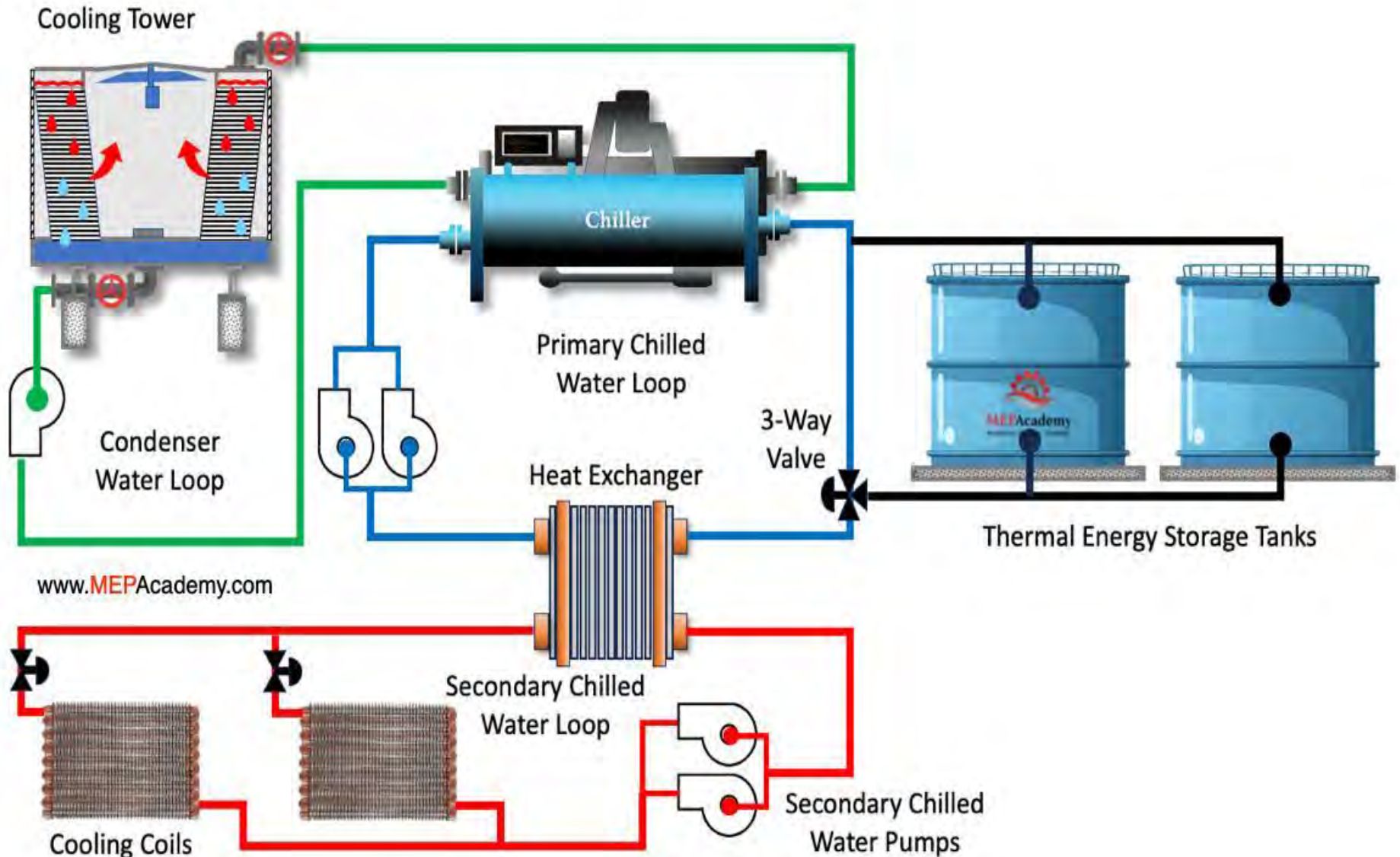




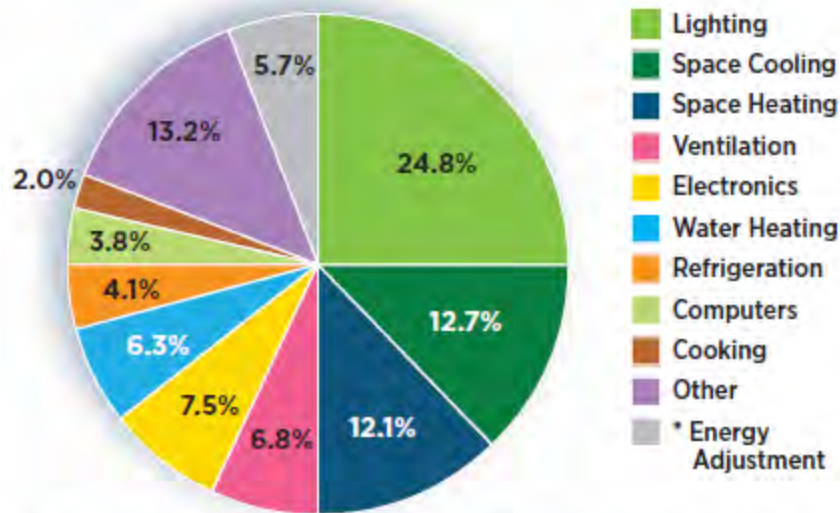


Hybrid Cooling Architecture for AI Data Centers

Thermal Storage Tanks



HVAC Energy Consumption



Source: 2009 Buildings Energy Data Book, U.S. Department of Energy, Table 3.1.4
http://buildingsdatabook.eere.energy.gov/docs/xls_pdf/3.1.4.pdf

32%

DOE numbers

Annual Energy Use



Cooling 642 kWh/m²



Heating 623 kWh/m²



Electricity 414 kWh/m²

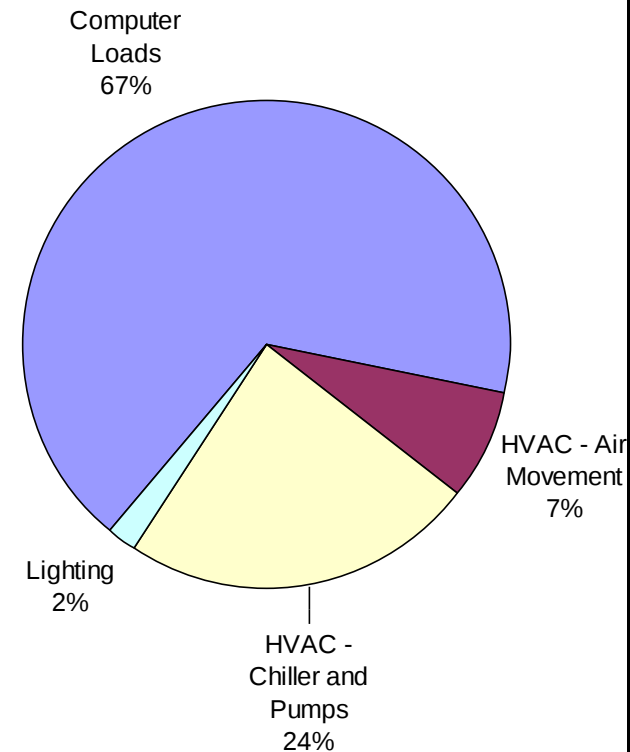
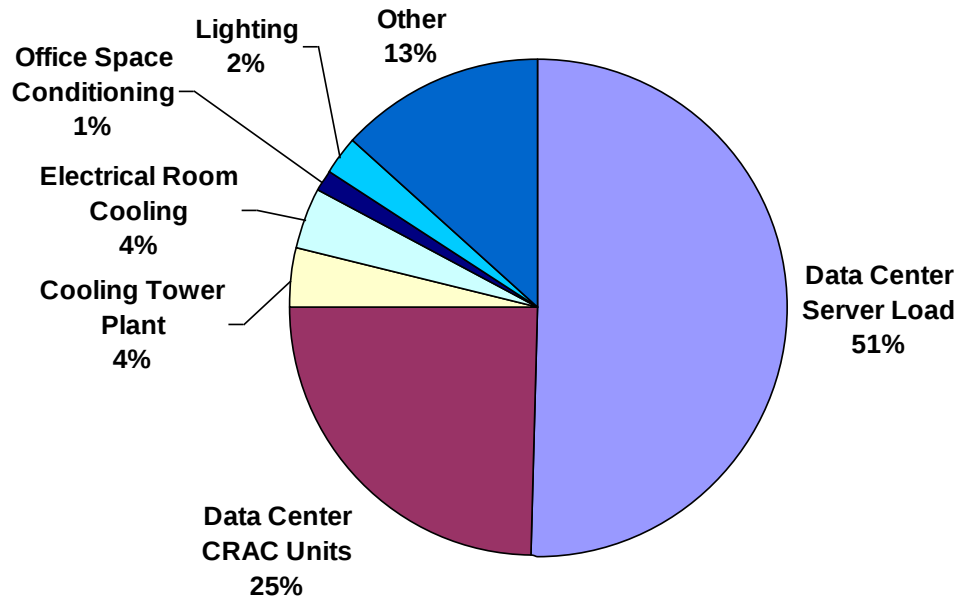
>60%

A lab building on campus

Performance varies

Data Center Power Consumption

The relative percentages of the energy actually doing computing varies considerably.











Air Cooled Chiller သည် Condenser ကို အပြင်လေဖြင့် အအေးခံသော Chiller ဖြစ်ပြီး Cooling Tower မလိုအပ်ပါ။

အဓိက အသုံးပြုသည့်နေရာများ

- Office Buildings (အသေး၊ အလတ်စား)
- Shopping Mall (အသေးအလတ်)
- Hotels (100–300 ခန်းခန့်)
- Hospitals (100–300 Beds)
- Schools နှင့် Universities
- Banks
- Data Center (အသေးစား)
- Pharmaceutical Factory (အသေး)
- Plastic Factory
- Food Processing Factory
- Cold Room (အသေး)
- Commercial Buildings

Water Cooled Chiller သည် Cooling Tower မှ အေးသောရေဖြင့် Condenser ကို အအေးခံသော Chiller ဖြစ်သည်။

အဓိက အသုံးပြုသည့်နေရာများ

- International Airports
- Large Hospitals
- Large Shopping Malls
- High-rise Buildings
- Five-star Hotels
- Data Centers
- Semiconductor Factories
- Electronics Factories
- Pharmaceutical Factories
- Beverage Factories
- Brewery
- Textile Mills
- Cement Plants
- Petrochemical Plants
- Steel Plants
- Paper Mills
- District Cooling Plants
- University Campuses
- Large Office Complexes

Cooling Capacity

- 200 TR မှ 5000 TR+
- District Cooling တွင် 50,000 TR ကျော်အထိ အသုံးပြုကြသည်။



Water Cooled Chiller ၏ အားသာချက်

- ✓ Efficiency အလွန်ကောင်း
- ✓ Operating Cost နည်း
- ✓ Compressor Power သက်သာ
- ✓ High Ambient Temperature တွင်လည်း Performance ကောင်း
- ✓ Long Life (20–30 နှစ်)
- ✓ COP သာမန်အားဖြင့် 5.5–7.0 သို့မဟုတ် ထို့ထက်မြင့်နိုင်သည်။

အားနည်းချက်

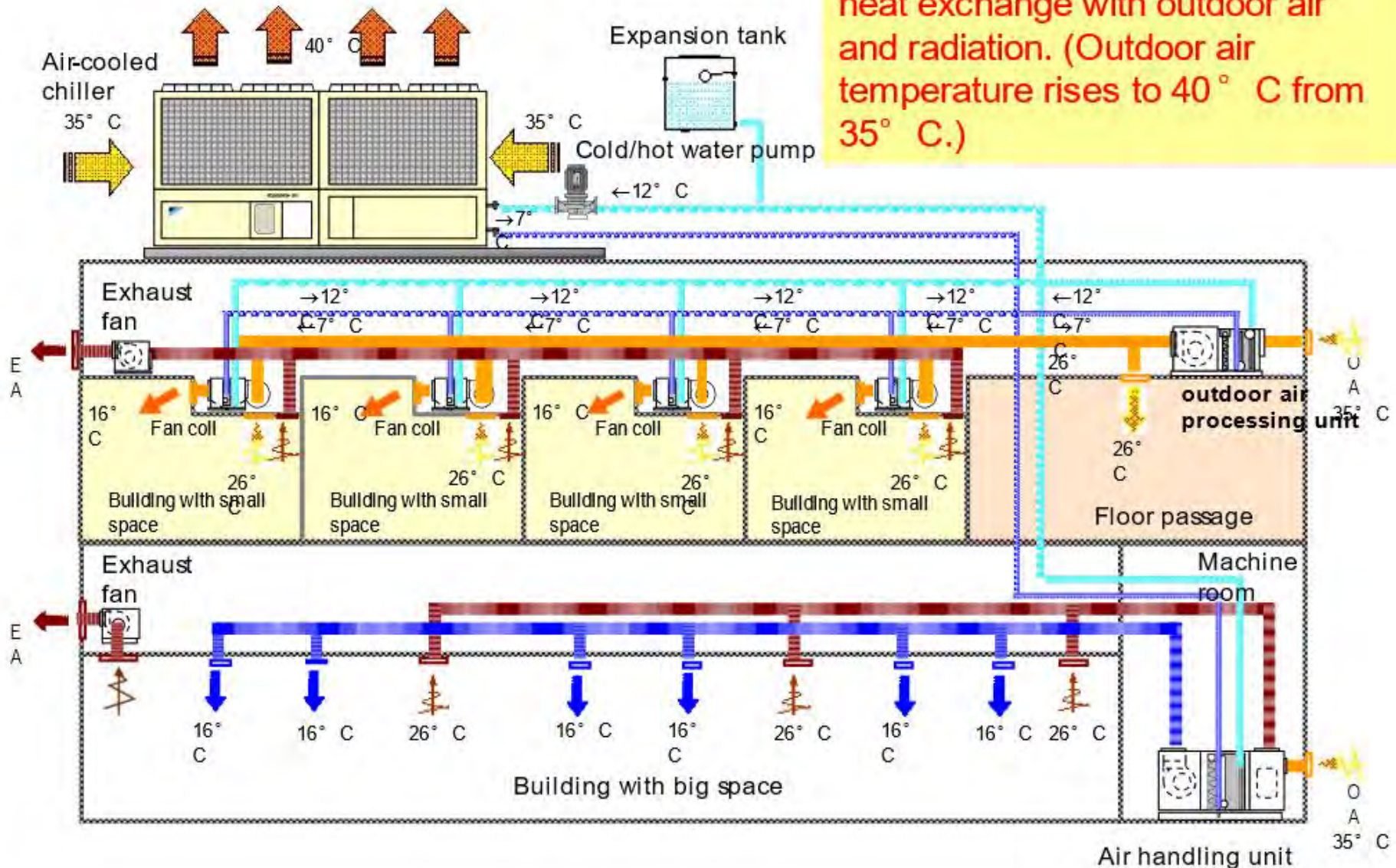
- Cooling Tower လိုအပ်သည်။
- Condenser Water Pump လိုအပ်သည်။
- Water Treatment လုပ်ရသည်။
- Legionella ကဲ့သို့သော ရေထုဆိုင်ရာ အန္တရာယ်များကို စီမံခန့်ခွဲရသည်။
- Initial Cost မြင့်သည်။
- Plant Room နေရာပိုလိုသည်။



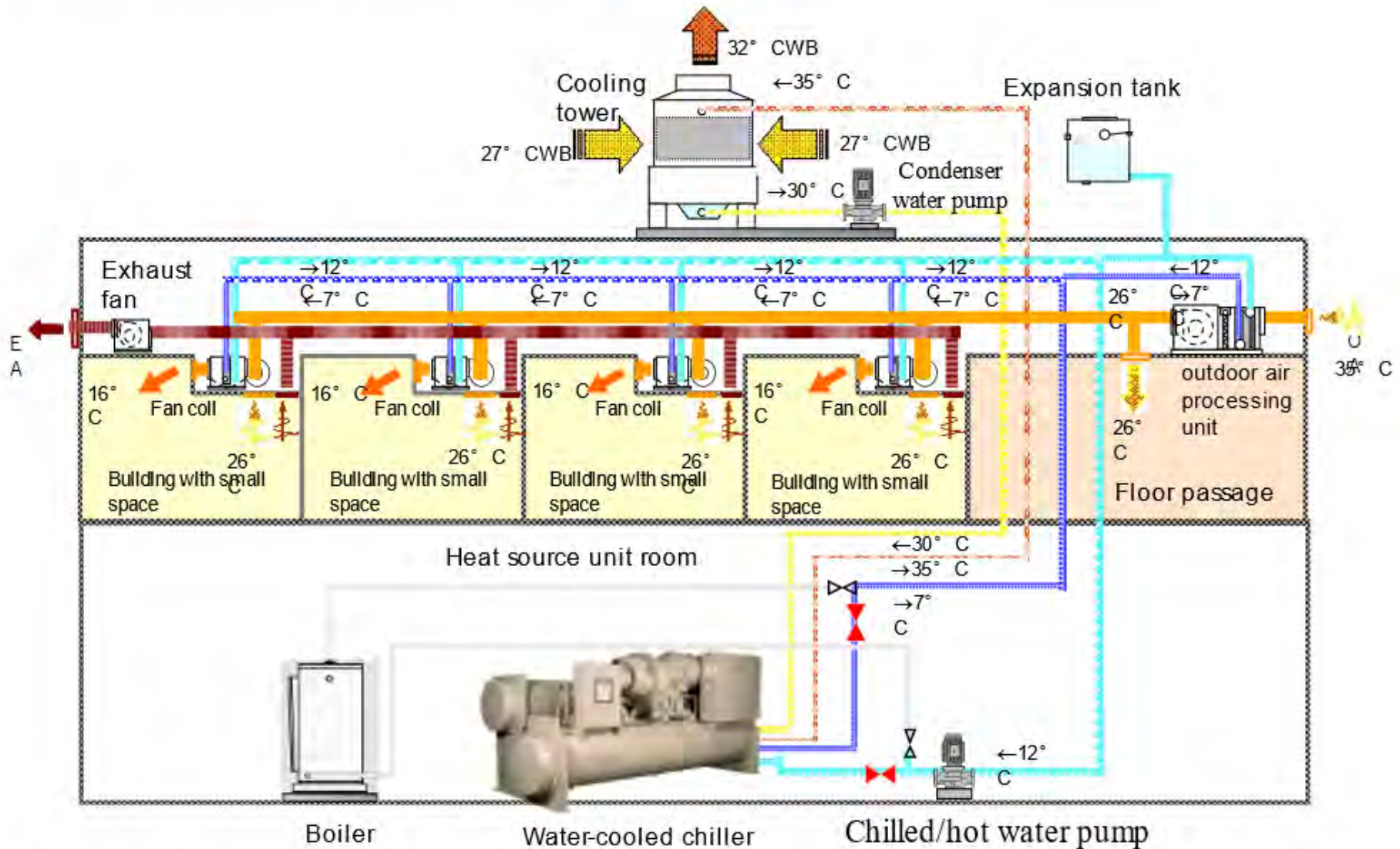


Air-cooled Chiller (Cooling Operation)

Chiller cools 12°C water through heat exchange with outdoor air and radiation. (Outdoor air temperature rises to 40°C from 35°C .)



Water-cooled Chiller (Cooling Operation)



၁။ Office Buildings (ရုံးအဆောက်အဦးများ)

အသုံးများဆုံးနေရာဖြစ်သည်။

- Corporate Office
- Government Office
- Bank
- Insurance Office
- IT Office
- Software Company

အကြောင်းရင်း

- အခန်းတစ်ခန်းစီ Temperature သီးခြားထိန်းနိုင်သည်။
- Meeting Room များကို လိုအပ်သည့်အချိန်သာ ဖွင့်နိုင်သည်။
- Energy Saving ကောင်းသည်။





၂။ Hotels

Hotel များတွင် အလွန်အသုံးများသည်။

- Guest Room
- Lobby
- Restaurant
- Gym
- Spa
- Conference Hall

အကြောင်းရင်း

Guest Room တစ်ခန်းစီ Occupancy မတူသောကြောင့် Load ကို Auto Control လုပ်နိုင်သည်။

၃။ Hospitals

အောက်ပါနေရာများတွင် အသုံးများသည်။

- OPD
- Doctor Room
- Administration Office
- Waiting Area
- Pharmacy
- Laboratory (Non-Critical)

မသင့်တော်သောနေရာ

- Operation Theatre (OT)
- ICU
- Isolation Room
- Clean Room

အဆိုပါနေရာများတွင် Temperature၊ Humidity၊ Fresh Air၊ Pressure Control

တိကျစွာလိုအပ်သောကြောင့် AHU + Chiller System ကို ပိုမိုအသုံးပြုကြသည်။

Engineering အရ ရွေးချယ်သင့်သော Application

Building Type	အကြံပြု System
Office (5–20 Floors)	VRF / VRV
Hotel	VRF / VRV
Condominium	VRF / VRV
School	VRF / VRV
Villa	VRF / VRV
Hospital OPD	VRF / VRV
Data Center	Chiller + CRAH
Clean Room	Chiller + AHU
Airport	Central Chiller
Large Shopping Mall (>5,000 RT)	Central Chiller Plant

အောက်ပါနေရာများတွင် VRF ထက် Central Chiller System ကို ပိုမိုရွေးချယ်ကြသည်။

အကြောင်းရင်း

- Fresh Air ပမာဏများစွာလိုအပ်သည်။
- Humidity Control တိကျရမည်။
- Positive / Negative Pressure Control လိုအပ်သည်။
- 24×365 Continuous Operation ဖြစ်သည်။

နေရာ

Data Center

Semiconductor Factory

Pharmaceutical Clean Room

Hospital OT

Airport Main Terminal

Large Factory

အသုံးပြုသည့် System

CRAH + Chiller

Chiller + AHU

AHU + Chiller

AHU + Chiller

Chiller Plant

Chilled Water System

VRV/VRF System ၏ အားသာချက်များ

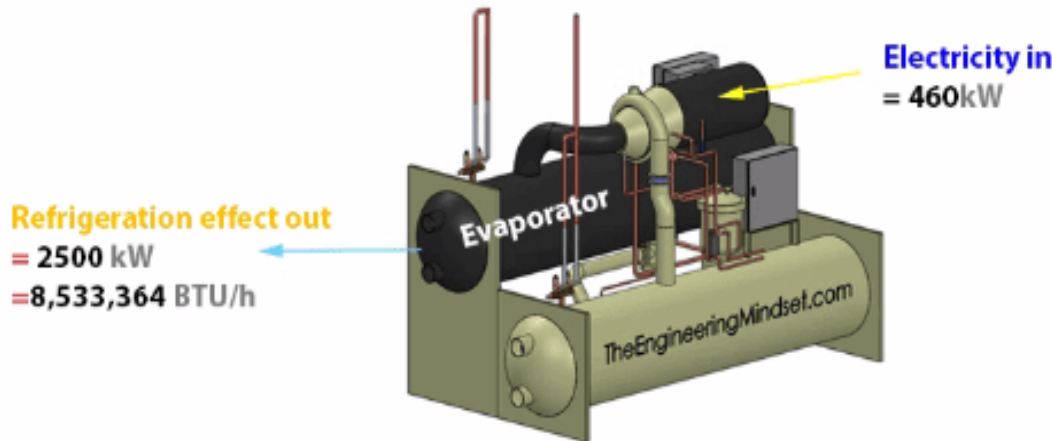
- Energy Saving (Part Load Efficiency မြင့်)
- Individual Room Temperature Control
- Outdoor Unit အရေအတွက် လျော့နည်း
- Installation မြန်ဆန်
- Refrigerant Piping ဖြင့်သာ ချိတ်ဆက်နိုင်
- BMS နှင့် ချိတ်ဆက်လွယ်ကူ
- Heat Recovery Model များတွင် တစ်ချိန်တည်း Cooling နှင့် Heating ပေးနိုင်သည်။

VRV/VRF System ၏ အားနည်းချက်များ

- Initial Cost မြင့်သည်။
- Refrigerant Pipe Length ကန့်သတ်ချက်ရှိသည်။
- Refrigerant Leak Detection ကို အရေးကြီးစွာ စီမံရသည်။
- Fresh Air ကို သီးခြား Dedicated Outdoor Air System (DOAS) ဖြင့် ပံ့ပိုးပေးရနိုင်သည်။
- အလွန်ကြီးမားသော Load များအတွက် Chiller Plant ထက် စီးပွားရေးမကောင်းနိုင်။

The important role of
COP, EER and KW/ton

Calculate Chiller Efficiency



Formula

$$\text{COP} = \frac{\text{kW Refrigeration}}{\text{kW Electricity}}$$

Metric

$$\text{COP} = \frac{2500 \text{ kW}}{460 \text{ kW}}$$

$$\text{COP} = 5.4$$

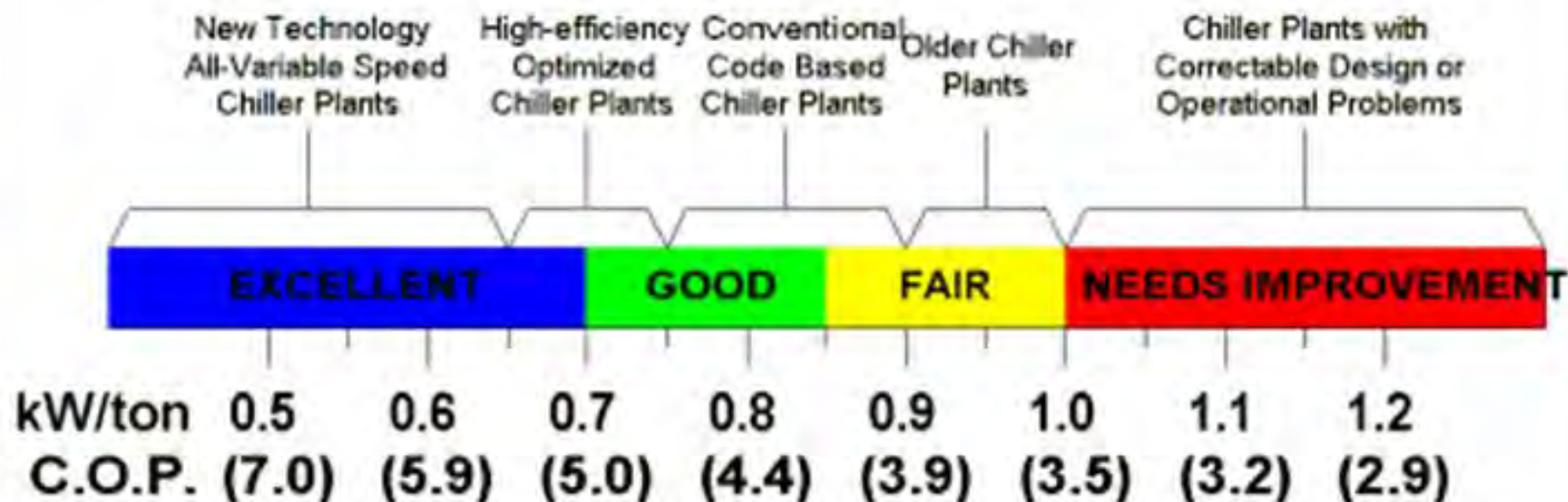
Imperial

$$8,533,364 \text{ BTU/h} / 3412.142 = 2500 \text{ kW}$$

$$\text{COP} = \frac{2500 \text{ kW}}{460 \text{ kW}}$$

$$\text{COP} = 5.4$$

For every 1kW of electricity in, you get 5.4kW cooling out



***AVERAGE ANNUAL CHILLER PLANT EFFICIENCY IN KW/TON (C.O.P.)
(Input energy includes chillers, condenser pumps and tower fans)***

Based on electrically driven centrifugal chiller plants in comfort conditioning applications with 42F (5.6C) nominal chilled water supply temperature and open cooling towers sized for 85F (29.4C) maximum entering condenser water temperature. Local Climate adjustment for North American climates is +/- 0.05 kW/ton

. IPLV ဆိုတာဘာလဲ?

IPLV က Chiller တစ်လုံးကို **Full Load တစ်ခုတည်းမှာ မဟုတ်ဘဲ Part Load အခြေအနေတွေမှာ ဘယ်လောက်ထိ ထိရောက်သလဲ** ကို ကိုယ်စားပြုတဲ့ Performance Index ဖြစ်ပါတယ်။

Water-Cooled Chiller အတွက် အခြေခံ Part-Load Points တွေကို ဥပမာ—
လို့ယူပြီး တွက်နိုင်ပါတယ်။

Load	Weighting
100%	1%
75%	42%
50%	45%
25%	12%

500 TR Chiller အတွက် Example Design Data

500 TR Water-Cooled Chiller တစ်လုံးကို အောက်ပါအတိုင်း ယူကြပါစို့။
ဥပမာအတွက် **Chiller compressor power only** ကို အခြေခံထားပါတယ်။ Actual manufacturer's IPLV data မှာ condenser-water temperature, evaporator entering/leaving water temperature စတဲ့ test conditions တွေပါဝင်ပါတယ်။

Operating Point	Chiller Load	Cooling Capacity	Input Power	kW/TR
A	100%	500 TR	310 kW	0.620
B	75%	375 TR	217.5 kW	0.580
C	50%	250 TR	140 kW	0.560
D	25%	125 TR	75 kW	0.600

3. IPLV Calculation

IPLV ကို kW/TR ဖြင့်တွက်လျှင်—

$$\text{IPLV} = A0.01 + B0.42 + C0.45 + D0.121$$

ထည့်တွက်ပါမယ်။

$$\text{IPLV} = 0.6200.01 + 0.5800.42 + 0.5600.45 + 0.6000.121$$

တစ်ခုချင်း—

$$0.6200.01 = 0.01613 \quad 0.5800.42 = 0.72414 \quad 0.5600.45 = 0.80357$$

$$0.6000.12 = 0.20000$$

ထို့ကြောင့်—

$$\text{IPLV} = 0.01613 + 0.72414 + 0.80357 + 0.200001 \quad \text{IPLV} = 0.573 \text{ kW/TR}$$

အဓိပ္ပါယ်

500 TR Chiller ရဲ့ IPLV ≈ 0.573 kW/TR

လိုရပါတယ်။

5. 500 TR Chiller ရဲ့ Part-Load Power ကို ကြည့်ရအောင်

100% Load

$$500 \times 0.620 = 310 \text{ kW}$$

75% Load

$$375 \times 0.580 = 217.5 \text{ kW}$$

50% Load

$$250 \times 0.560 = 140 \text{ kW}$$

25% Load

$$125 \times 0.600 = 75 \text{ kW}$$

ဒါကြောင့်—

မှတ်ချက်: Part-load efficiency ဟာ အမြဲတမ်း load လျော့သလောက် တိုးကောင်းမယ်လို့ မဆိုလိုပါ။ အလွန်နိမ့်တဲ့ load မှာ compressor efficiency/control losses ကြောင့် kW/TR ပြန်တက်နိုင်ပါတယ်။

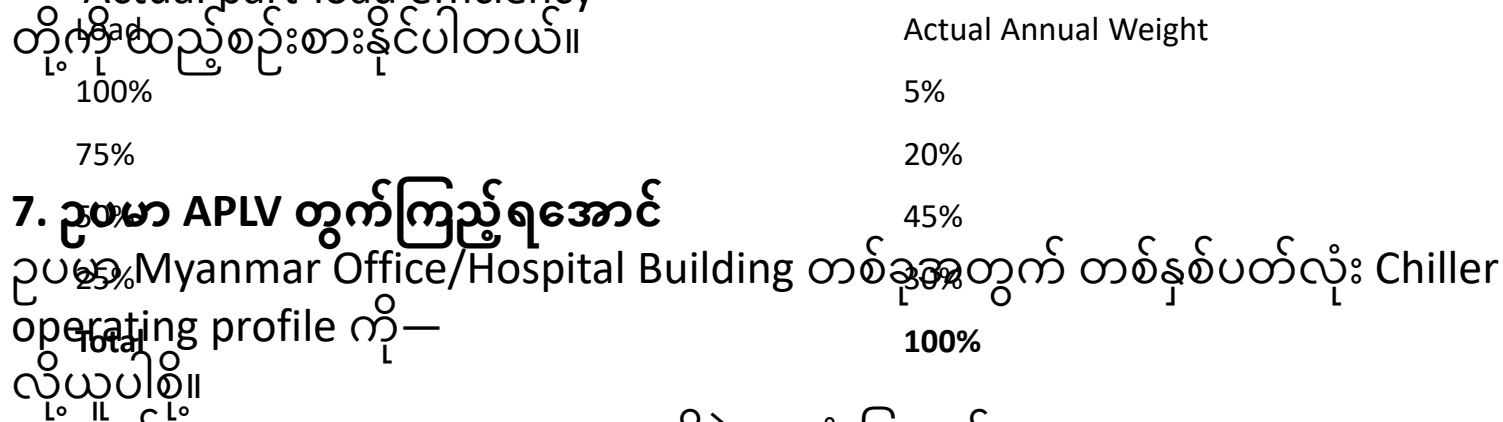
Load	TR	kW	kW/TR
100%	500	310	0.620
75%	375	217.5	0.580
50%	250	140	0.560
25%	125	75	0.600

APLV ဆိုတာဘာလဲ?

APLV = Application Part Load Value ကို Project တစ်ခုရဲ့ **တကယ့် operating/load profile** နဲ့ ပိုနီးစပ်အောင်တွက်တဲ့ Part-Load Performance Index အဖြစ် အသုံးပြုနိုင်ပါတယ်။
IPLV က Standardized weighting ဖြစ်သော်လည်း APLV က—

- Building load profile
- Local climate
- Chilled-water temperature
- Condenser-water temperature
- Operating hours
- Actual chiller staging
- Actual part-load efficiency

တို့ကိုယ်တိုင်စဉ်းစားနိုင်ပါတယ်။



7. ဥပမာ APLV တွက်ကြည့်ရအောင်

ဥပမာ Myanmar Office/Hospital Building တစ်ခုအတွက် တစ်နှစ်ပတ်လုံး Chiller operating profile ကို—

လိုယူပါစို့။
အထက်က Chiller efficiency data ကိုပဲ အသုံးပြုမယ်။

$$APLV = 0.62 \times 0.05 + 0.58 \times 0.20 + 0.56 \times 0.45 + 0.60 \times 0.301$$

တွက်လျှင်—

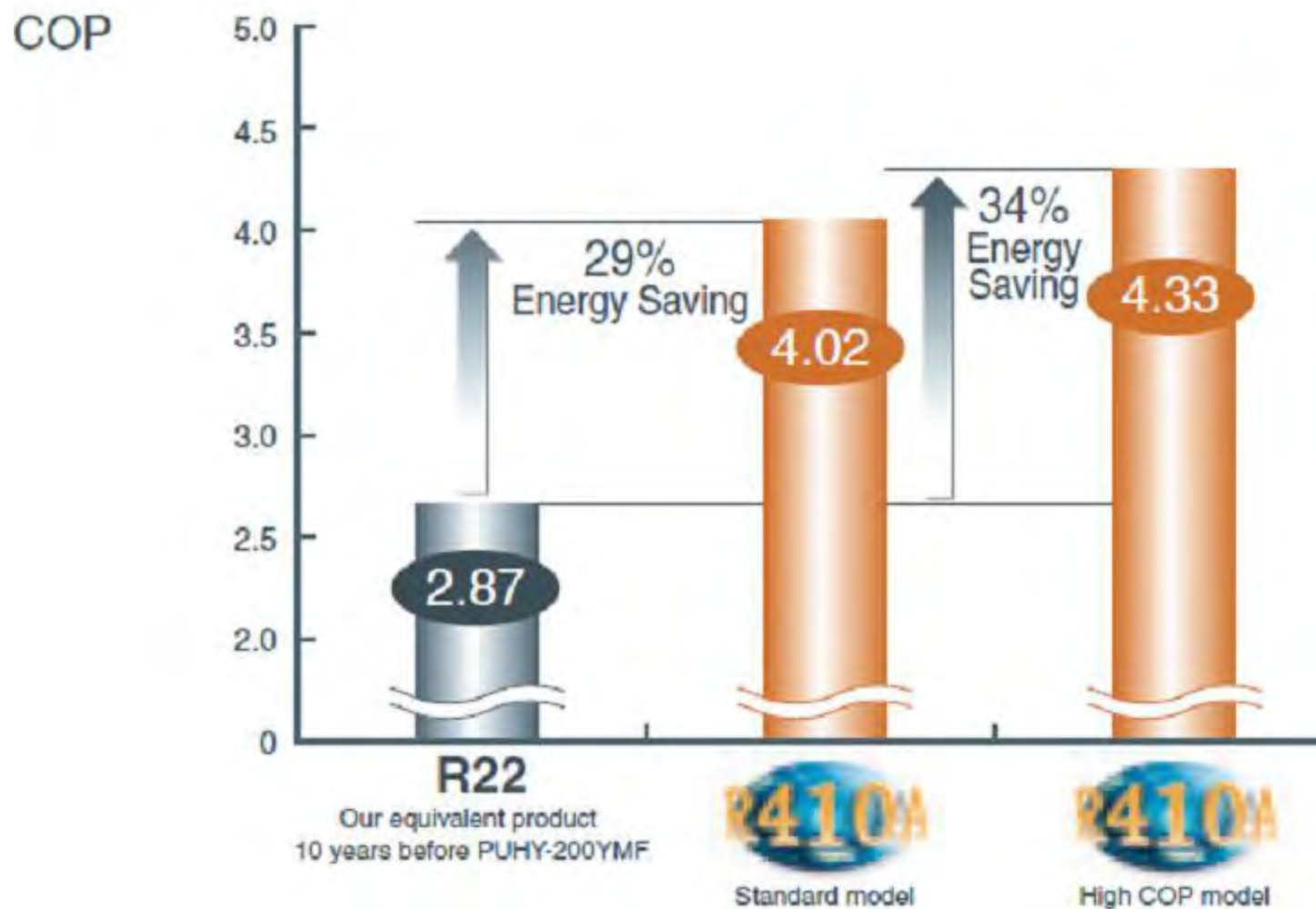
$$APLV \approx 0.578 \text{ kW/TR}$$

COP အဖြစ်—

$$COP = 0.578 \times 3.517 \text{ COP} \quad APLV \approx 6.08$$

MODEL			CUWD250CS5Y	CUWD280CS5Y	CUWD300CS5Y	CUWD300CT5Y	CUWD325CT5Y
Cooling Capacity (380/400/415V~3Ph~50Hz)(note 1)	USRT		253.1	281.5	301.4	295.7	318.5
	kW		890	990	1060	1040	1120
	kcal/h		765,400	851,400	911,600	894,400	963,200
Power Consumption	kW		164.9	182.5	195.9	196.2	210.8
COP			5.40	5.42	5.41	5.30	5.31
Casing/Color			Ivory White(5Y7.5/1)				
Chilled Water(50Hz)	m ³ /h		153.1	170.3	182.3	178.9	192.6
	l/min		2551	2838	3039	2981	3211
Condenser Water(50Hz)	m ³ /h		191.4	212.9	227.9	223.6	240.8
	L/min		3189	3548	3798	3727	4013
Dimentions(L×W×H)		mm	4006×1530×2130			3831×1773×2291	
Compressor	Type		Semi-hermetically Sealed Single Screw Type				
	Output Power		190×1	210×1	225×1	115×2	130×1+115×1
	Starting Method		Star-delta Starting				
	Capacity Control	%	25-100% Continuous Capacity Control				
Condenser	Type		Water Cooled Fin Tube Shell Type				
	Quantity×Model		CF5433-CC250	CF5433-CC280	CF5433-CC300	CF4533-CC150×2	CF4533-CC175
Evaporator	Type		Dx-Type Expansion Tube Shell Type				
	Quantity×Model		DHD5433-CC250A	DHD5433-CC280A	DHD5433-CC300A	DHD4533-CC150×2	DHD4533-CC175
Refrigerant	Refrigerant		R134a				
	NO.of Circuit		1			2	
	Control		Electronic Expansion Valve				
	Charge	kg	230			120×2	
Refrigerant Oil			FVC68D				
Refrigerant Oil Charge		L	24			15×2	
Electric Control System			MICRO TECH III Program Controller、7 inch LCD Display				

COP has been improved



* Average COP of cooling / heating

Example 8HP Y series

1. Chiller တွေရဲ့ Maximum HP / Amperes ဘယ်လောက်ရှိသလဲ?

Chiller တစ်လုံးရဲ့ TR ကို HP တိုက်ရိုက်မပြောင်းသင့်ပါ။

HP ဆိုတာ compressor motor/electrical input ကို ရည်ညွှန်းတာဖြစ်ပြီး TR က cooling capacity ဖြစ်ပါတယ်။

Chiller Type	Typical Capacity	Approx. Compressor/Unit Motor	Approx. 400/415V Current
Small Air-Cooled	10–100 TR	10–100 HP	15–150 A
Medium Air-Cooled	100–300 TR	80–250 HP	120–400 A
Large Air-Cooled	300–500+ TR	250–450+ HP	350–700+ A
Small Water-Cooled Screw	100–400 TR	100–350 HP	150–550 A
Water-Cooled Centrifugal	300–1,000 TR	250–800 HP	350–1,200 A
Large Centrifugal	1,000–2,000 TR	700–1,500+ HP	1,000–2,500+ A
Very Large Centrifugal	2,000–4,000 TR	1,500–3,000+ HP	2,000–5,000+ A

VRV / VRF တွေကရော ဘယ်လောက်ကြီးသလဲ?

VRF က Chiller ထက် modular ဖြစ်တာကြောင့် Outdoor Unit တစ်လုံးချင်းစီကို module အဖြစ် ပေါင်းစပ် အသုံးပြုပါတယ်။

ဥပမာ Mitsubishi Heavy Industries ရဲ့ VRF မှာ—

- 17 HP → 47.5 kW → Max ~40 A

- 20 HP → 56 kW → Max ~40 A

- 34 HP → 95 kW → Max ~81 A

- 44 HP → 125 kW → Max ~92 A

- 52 HP → 145 kW → Max ~121 A

ဆိုပြီး manufacturer data တွေမှာ တွေ့ရပါတယ်။

အဲဒါကြောင့် VRF ကို battery backup လုပ်ရတာ **300/500 TR central chiller ထက် အများကြီး**

4. Compressor Starting Current Analysis

30 kW Compressor

Running Current

≈ 55 A

DOL Start

≈ 330 A

Star-Delta

≈ 110 A

Soft Starter

≈ 90 A

VFD

≈ 60 A

Engineering Recommendation

Ice Plant များတွင် **VFD Compressor** အသုံးပြုခြင်းသည် Solar System နှင့် Battery အတွက် အလွန်သင့်တော်ပါသည်။ Starting Surge လျော့နည်းပြီး Energy Efficiency ပိုကောင်းစေသည်။ 38

What is an Inverter Technology?

1. Inverter ဆိုတာ ဘာလဲ?

Inverter ဆိုသည်မှာ DC (Direct Current) ကို AC (Alternating Current) အဖြစ် ပြောင်းပေးသော Power Electronic Converter ဖြစ်သည်။

ဥပမာ -

- Solar Panel → DC Output

- Battery → DC Output

ဒီ DC ကို 230V/400V AC အဖြစ် ပြောင်းပေးတာ Inverter ဖြစ်ပါတယ်။

2. Inverter တွေကို IGBT နဲ့ MOSFET ဆိုပြီး ခွဲတာလား?

တကယ်တော့ Inverter ကို IGBT Inverter, MOSFET Inverter ဆိုပြီး မခွဲပါ။

IGBT နဲ့ MOSFET ဆိုတာ Inverter ထဲမှာ အသုံးပြုတဲ့ **Power Switching Device** တွေ ဖြစ်ပါတယ်။

ယနေ့ခေတ် Inverter Technology ကို

- 1.EV Fast Chargers
- 2.Electric Vehicles
- 3.Air Conditioning (VRV/VRF)
- 4.Industrial VFD Systems
- 5.Solar & Battery Storage
- 6.Refrigeration Systems
- 7.Elevators and Escalators
- 8.Wind Turbine
- 9.Railway Traction Systems
- 10.Data Centers
- 11.Speed Boat
- 12.CNC Machines

စသည့် နေရာများတွင် အဓိက အသုံးပြုလာကြပြီး၊ အထူးသဖြင့် SiC MOSFET နည်းပညာကြောင့် Efficiency 98% နီးပါးအထိ ရောက်ရှိလာကာ ကမ္ဘာလျှပ်စစ်စွမ်းအင်အသုံးချမှု၏ အခြေခံနည်းပညာတစ်ခု ဖြစ်လာနေပါသည်။

2. Inverter Technology က Frequency ကို အကြောင်းပြောင်းတာလဲ

AC Motor speed ဟာ Frequency နဲ့ တိုက်ရိုက်ဆက်စပ်နေသည်။

Motor synchronous speed formula:

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

- N_s = Motor speed (RPM)
- f = Frequency (Hz)
- P = Number of poles

Frequency တိုးလျှင်

- Motor ပိုမြန်
- Compressor ပိုမြန်
- Pump airflow/waterflow ပိုများ

Frequency လျော့လျှင်

- Motor နှေး, Energy saving ရ, Noise လျော့

3. Conventional AC Supply နဲ့ Inverter ကွာခြားချက်

Normal Utility Power

- Frequency fixed
- Myanmar = 50 Hz
- Motor speed မပြောင်းနိုင်

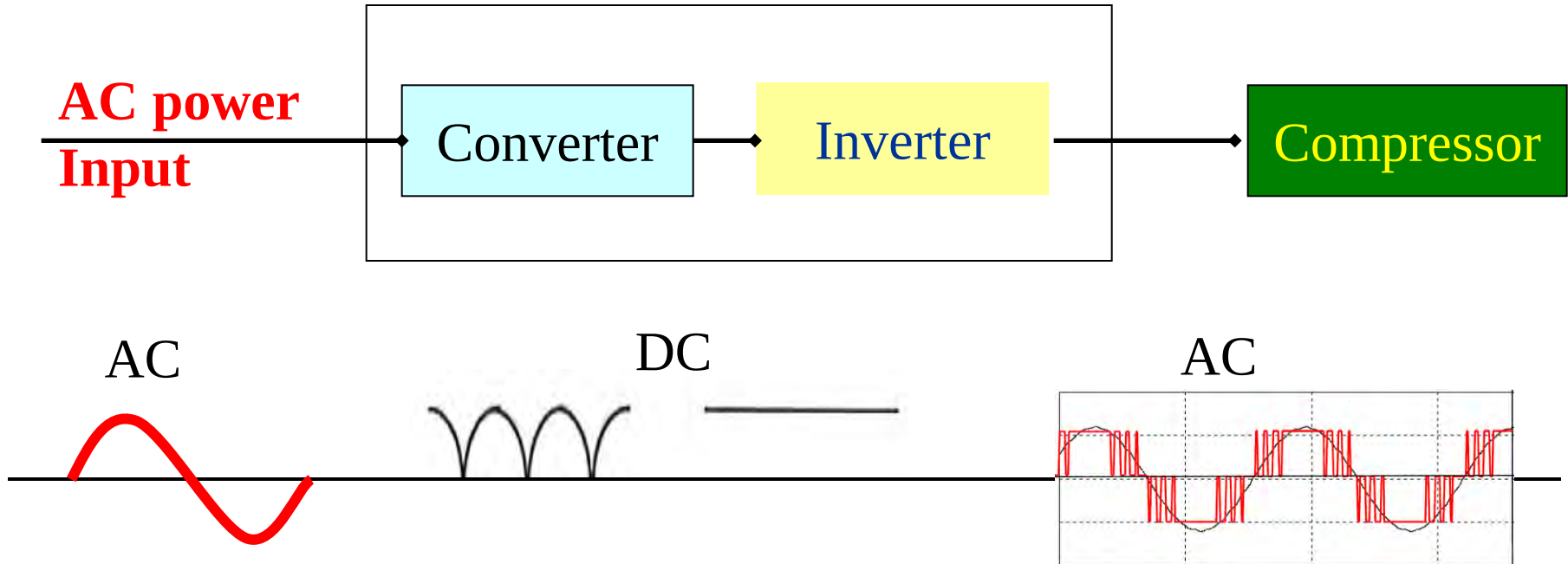
Inverter Output

- 5 Hz
- 20 Hz
- 35 Hz
- 50 Hz

Basic Components

What is Inverter technology?

Inverter

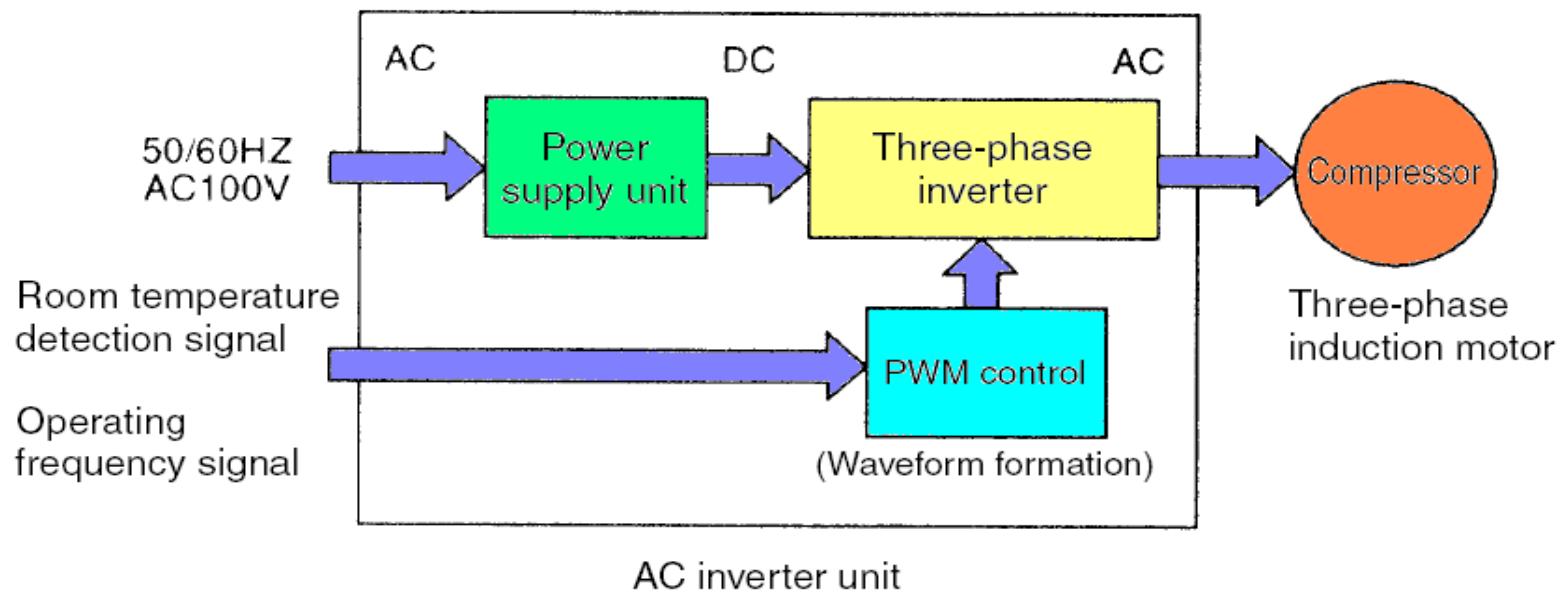


The **inverter** is a device to generate AC power source at any frequency to **control speed of compressors** or motor.

It is also called the **frequency converter**. (Further it is called **VVVF** (Variable Voltage Variable Frequency) inverter as it controls voltage in addition to make frequency variable simultaneously.

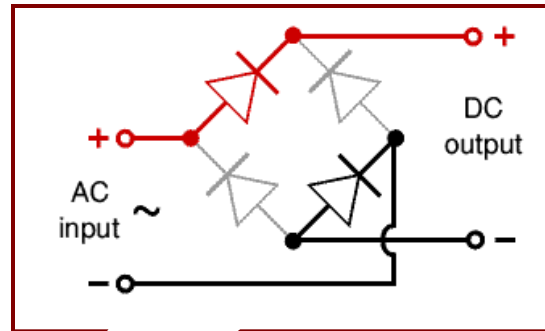
Inverter Technology : The Basics

Inverter devices which **convert** commercial AC electricity to alternating current with **adjustable frequency and voltage**. Rotational speed of compressor can be altered freely by inverter.



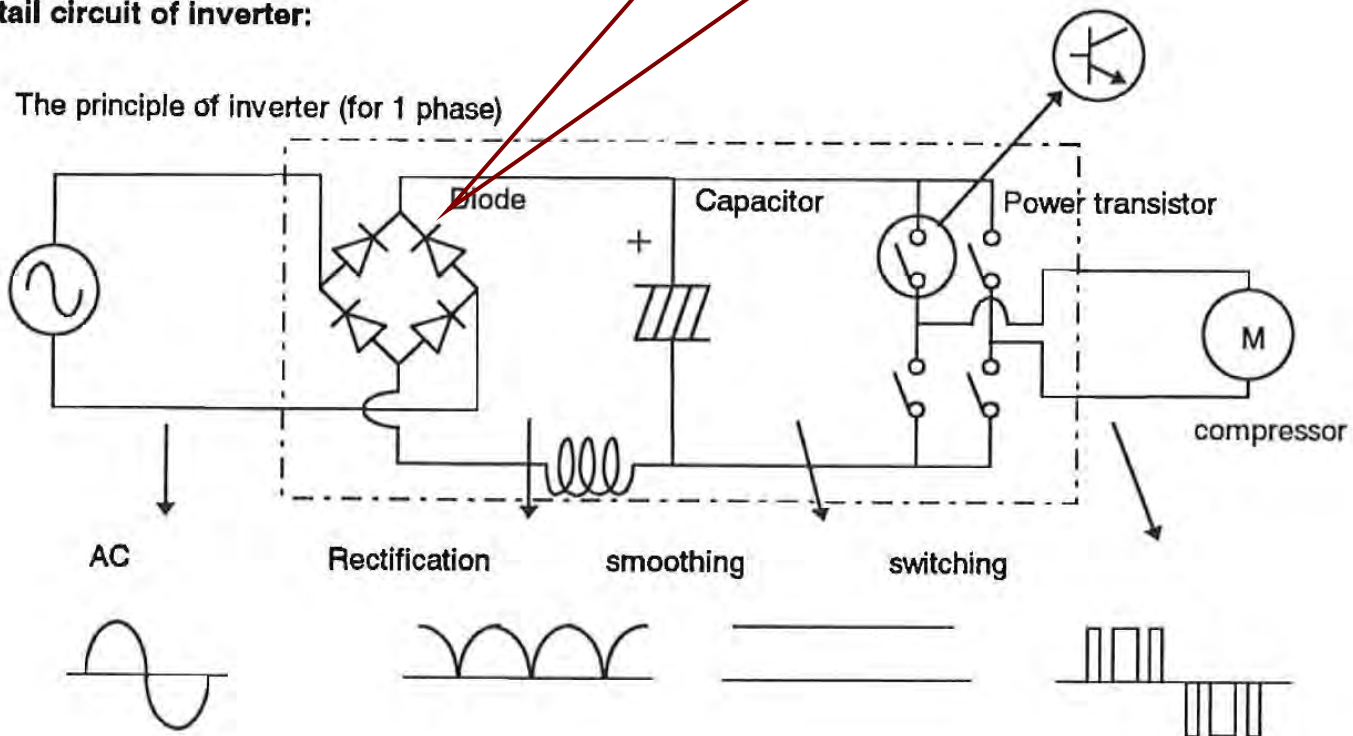
Basic Components

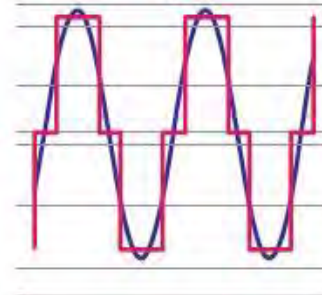
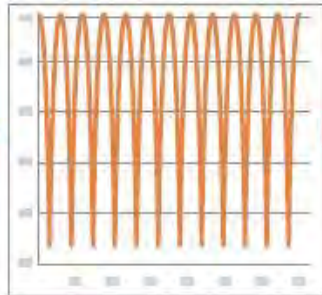
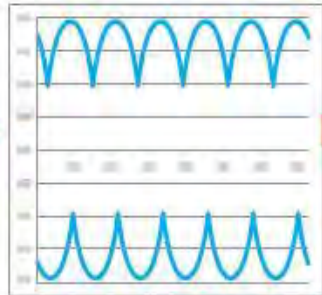
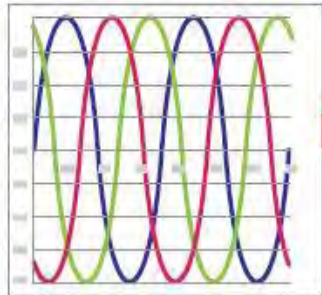
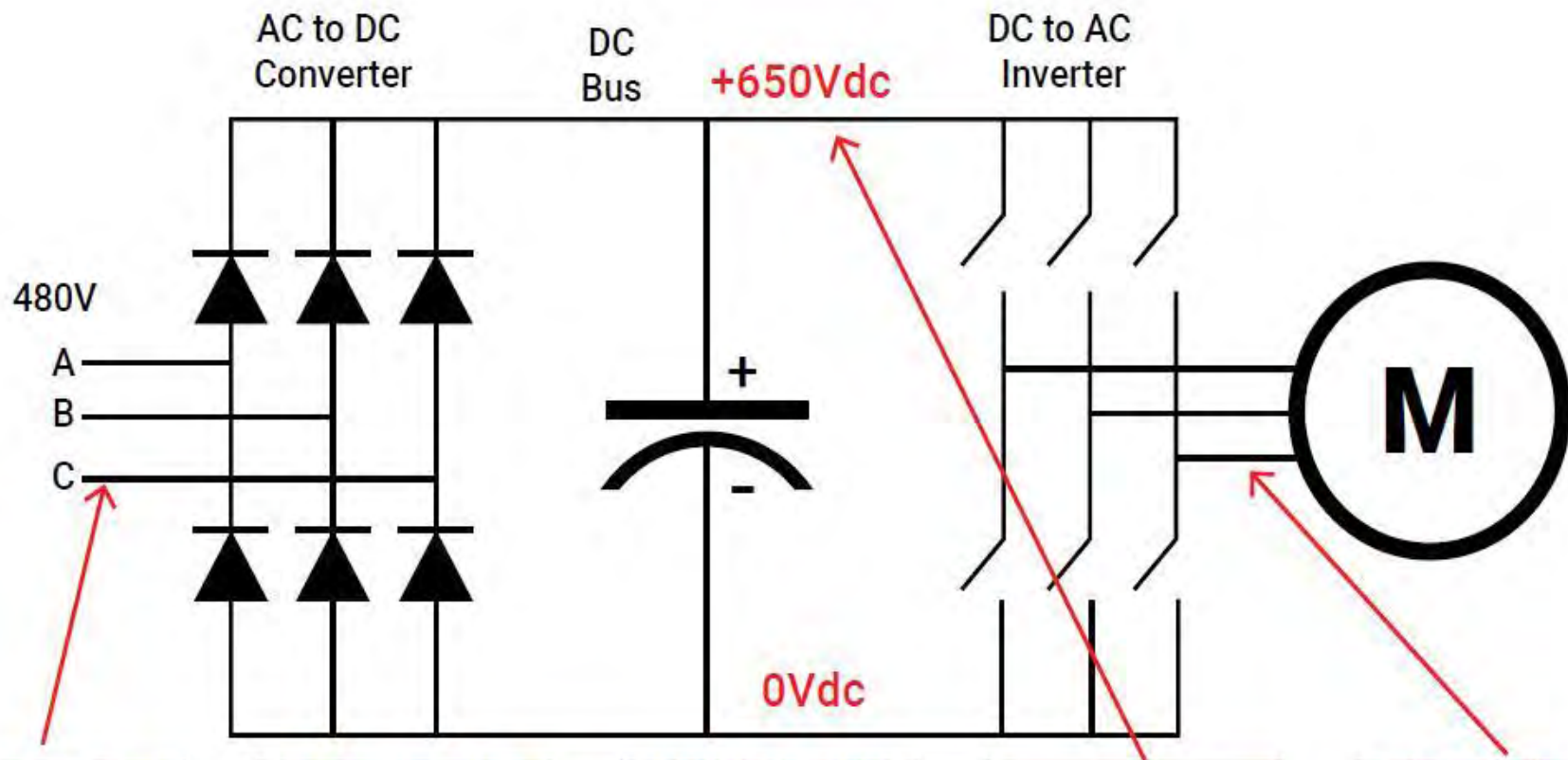
Basic Diode switching example



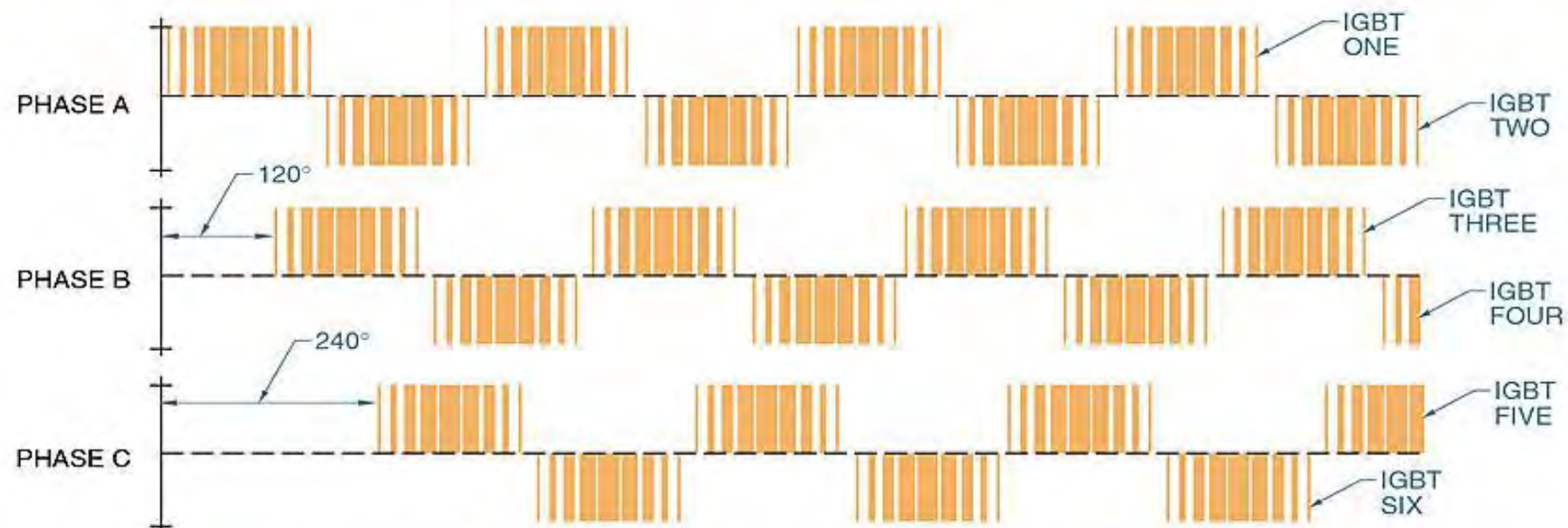
Detail circuit of inverter:

The principle of inverter (for 1 phase)

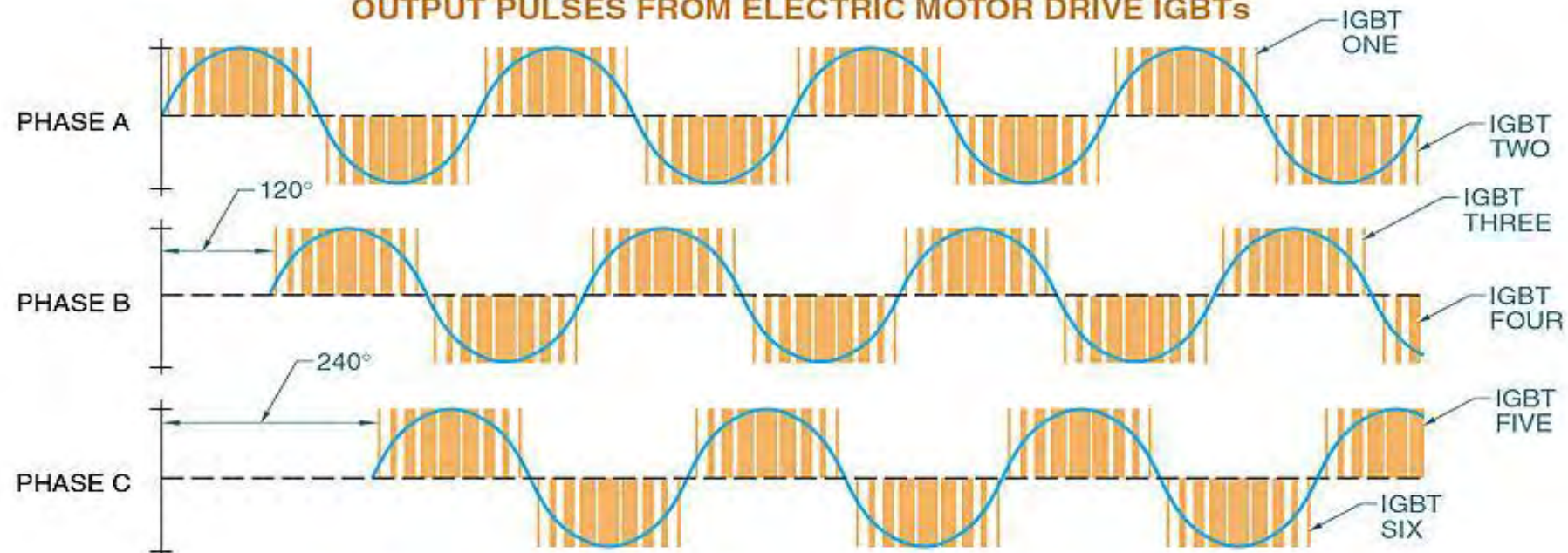




IGBT-PRODUCED SINE WAVES



OUTPUT PULSES FROM ELECTRIC MOTOR DRIVE IGBTs



EQUIVALENT ELECTRONICALLY REPRODUCED SINE WAVES

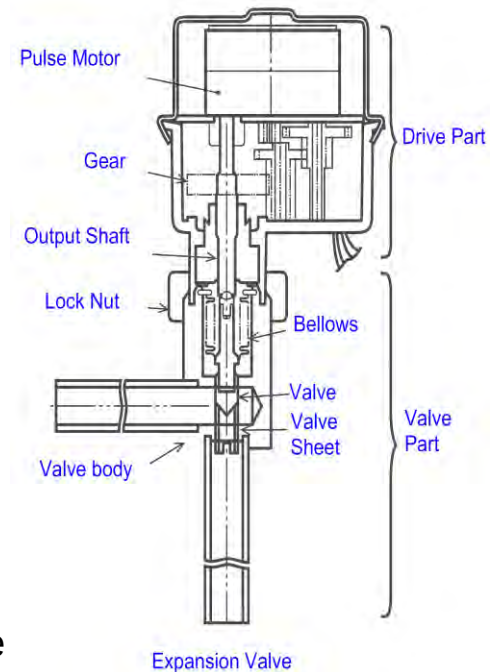
Basic Components

What is Variable Refrigerant Flow?



An inverter controlled compressor is used for the refrigerant circulating volume freely changes in response to the load of the indoor unit.

Linear Expansion Valve is used to efficiently control the refrigerant flow rate according to the load fluctuations.



Each indoor unit has an electronic expansion valve that continually controls the flow of refrigerant.

Inverter type Scroll Compressor

Development of high strength material

Gives 2.4 times tensile strength compare to conventional material

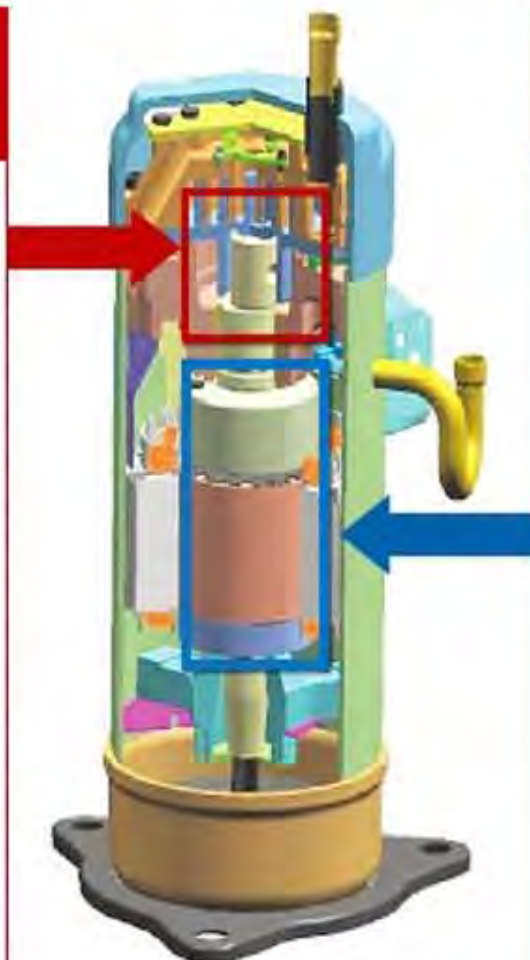
New Material: 600MPa

Conventional Material: 250MPa

Increase compression chamber volume by using thin spiral design.



As a result of having thinned a wall - thickness of the scroll, compression chamber volume increase 50%



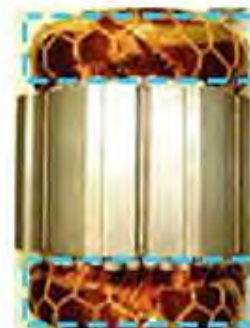
Small type high efficiency concentrated winding motor

Distributed winding motor

(Current 8HP compressor)

Concentrated winding motor

(New 12HP compressor)



Small sizing coil end using concentrated winding, reduce copper loss (winding resistance).

Improve motor efficiency in low rpm range (improve intermediate efficiency).

VFD Drive

VFD Drive နဲ့ Inverter အတူတူလား?

"အတူတူလည်း ဟုတ်တယ်၊ မဟုတ်လည်း မဟုတ်ဘူး" လို့ ပြောနိုင်ပါတယ်။

Basic Inverter

DC → AC ပြောင်းပေးရုံ

Battery



Inverter



230VAC

VFD (Variable Frequency Drive)

Motor Speed ကို Control လုပ်ဖို့

AC Input



Rectifier



DC Bus



Inverter (IGBT)



Variable Frequency AC



Motor

VFD ထဲမှာ Inverter ပါဝင်ပြီးသား ဖြစ်ပါတယ်။



**VFD = Rectifier + DC Bus + IGBT Inverter
+ DSP Controller**

PWM သည် IGBT များကို ON/OFF လုပ်၍
Variable Voltage/Variable Frequency 3-Phase
AC ကို ထုတ်ပေးသော နည်းပညာဖြစ်သည်။

V/Hz Control

- ရိုးရှင်း
- Pump/Fan များအတွက် သင့်တော်
- Cost နည်း

FOC (Vector Control)

- Torque ကို တိကျစွာ ထိန်းနိုင်
- Elevator၊ EV၊ Inverter Compressor များအတွက် သင့်တော်
- Performance အကောင်းဆုံး

VFD ကို ဘယ်နေရာတွေမှာ တပ်သင့်သလဲ?

Water-Cooled Chiller Plant တစ်ခုအတွက်—

Recommended

1. Chiller Compressor

→ Variable-speed compressor/VFD

2. CHW Pump

→ VFD

3. Condenser Water Pump

→ VFD

4. Cooling Tower Fan

→ VFD

5. AHU Fan

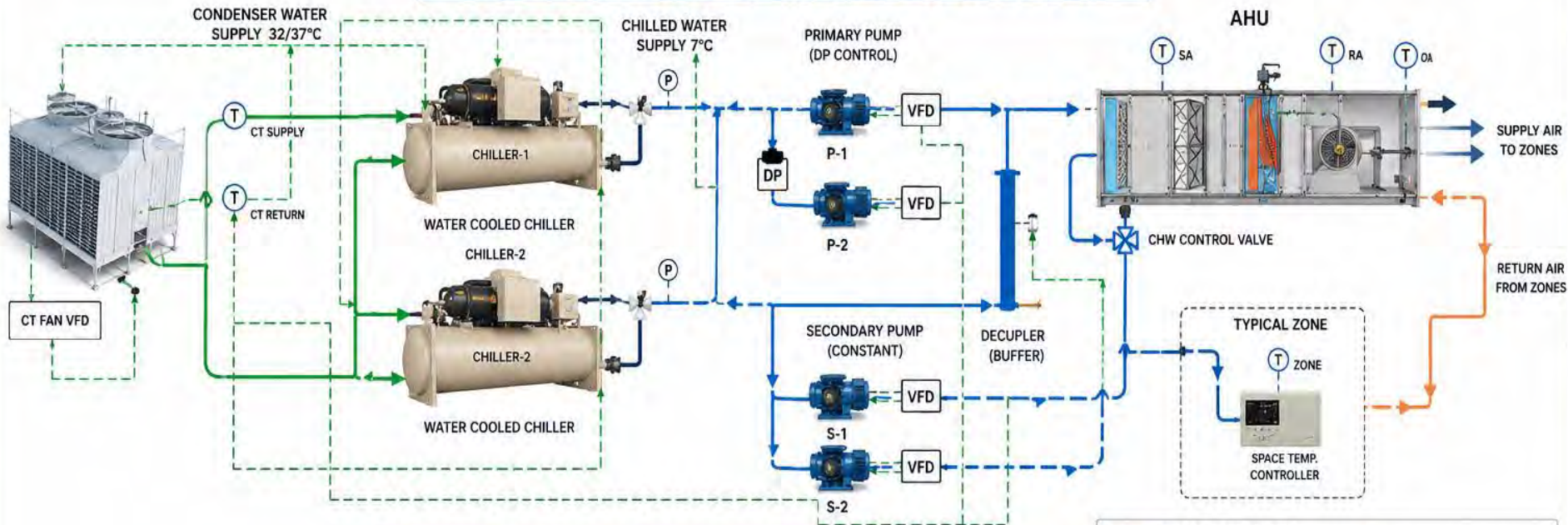
→ VFD

6. Secondary CHW Pumps

→ VFD

ဆိုရင် Emergency Solar/BESS operation အတွက်
အလွန်ကောင်းပါတယ်။

FULL ACMV SYSTEM SCHEMATIC DIAGRAM



ACMV SYSTEM CONTROL DIAGRAM (DDC CONTROL)



ABBREVIATIONS

AHU	: Air Handling Unit
CHW	: Chilled Water
CT	: Cooling Tower
VFD	: Variable Frequency Drive
DDC	: Direct Digital Controller
BMS	: Building Management System
DP	: Differential Pressure
OA	: Outside Air
RA	: Return Air
SA	: Supply Air

CONTROL FUNCTIONS

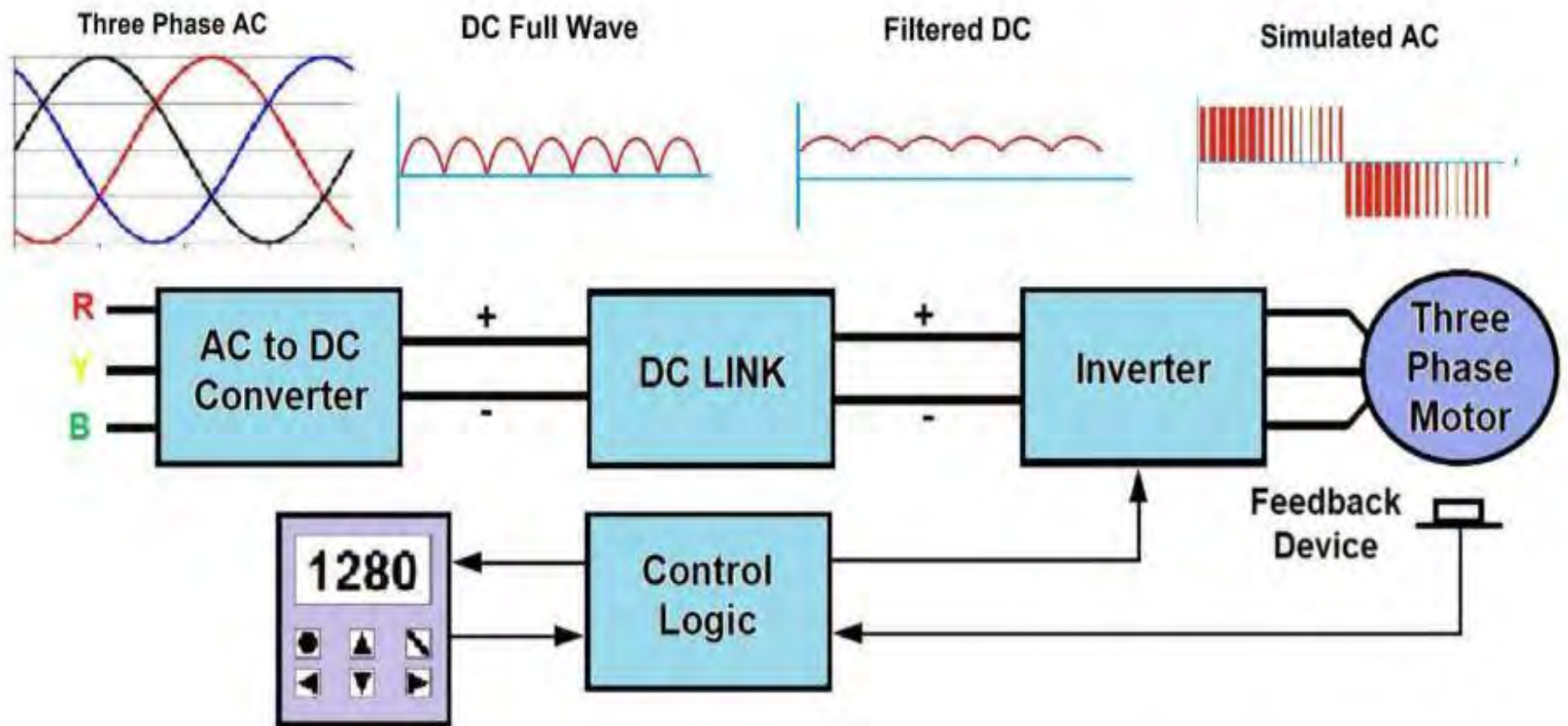
- CHILLER LEAD/LAG & ROTATION
- CHW SUPPLY TEMP. RESET CONTROL
- CHW DP CONTROL (PRIMARY PUMP VFD)
- CT FAN SPEED CONTROL (CT WATER TEMP.)
- CHW VALVE MODULATION (AHU LOAD)
- AHU SUPPLY AIR TEMP. CONTROL
- VENTILATION CONTROL (OA DAMPER)
- ZONE TEMP. CONTROL (DAMPER / VAV)
- ALARM, TREND, SCHEDULING, BMS INTEGRATION

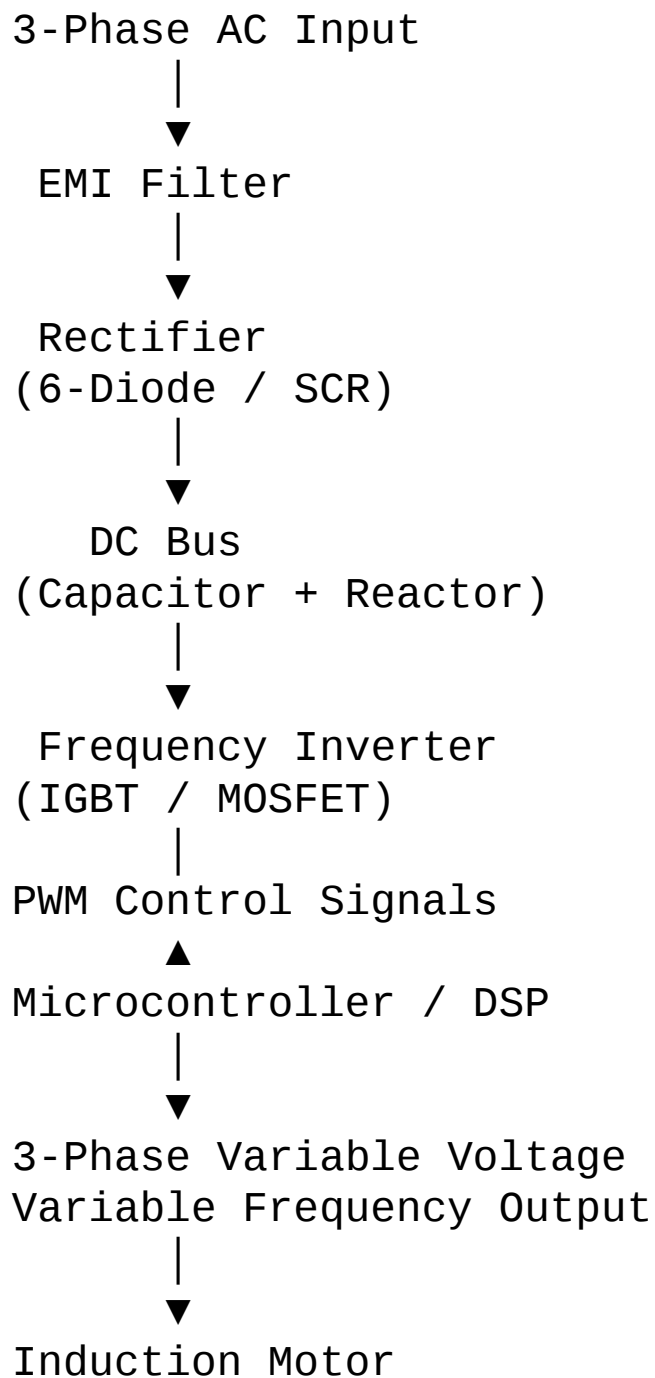
SEQUENCES OF OPERATION (SUMMARY)

1. COOLING DEMAND FROM ZONE → AHU → CHW VALVE OPENS
2. CHW SUPPLY TEMP. RISES → DDC START PRIMARY PUMPS (VFD)
3. IF TEMP. NOT REACHED → START CHILLER-1
4. IF LOAD INCREASE → START CHILLER-2 (LEAD/LAG)
5. CT FAN SPEED MODULATES TO MAINTAIN CONDENSER TEMP.
6. SECONDARY PUMPS RUN CONSTANT TO MAINTAIN FLOW
7. ZONE TEMP. CONTROLLED BY DAMPER/AIR FLOW

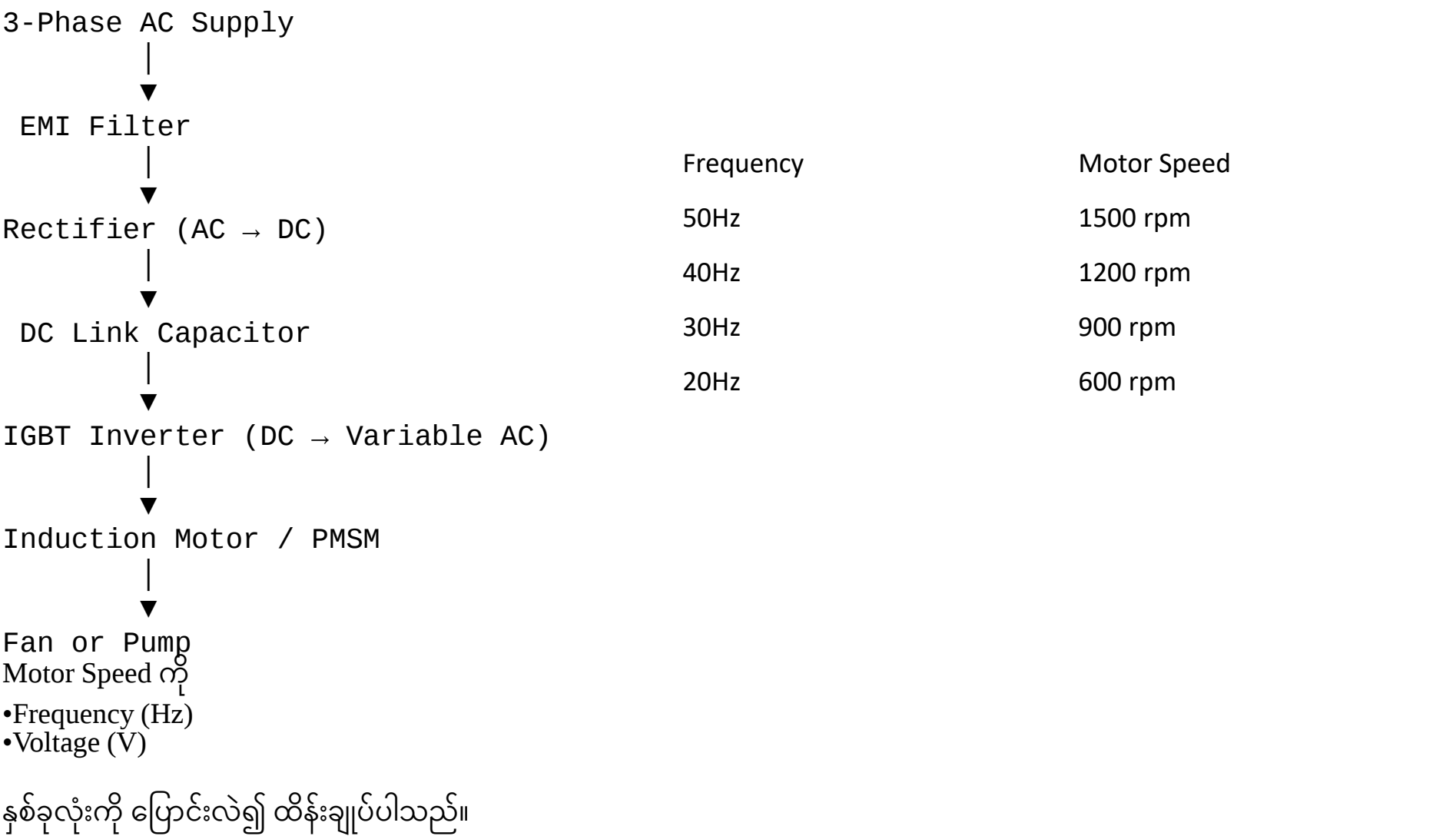
SAFETY & PROTECTION

- HIGH CHILLER DISCHARGE PRESSURE TRIP
- LOW CHILLED WATER FLOW TRIP
- CHILLER FREEZE PROTECTION
- PUMP OVERLOAD PROTECTION
- CT FAN FAILURE ALARM
- FIRE ALARM INTERLOCK (AHU STOP/CLOSE)
- POWER FAILURE RECOVERY

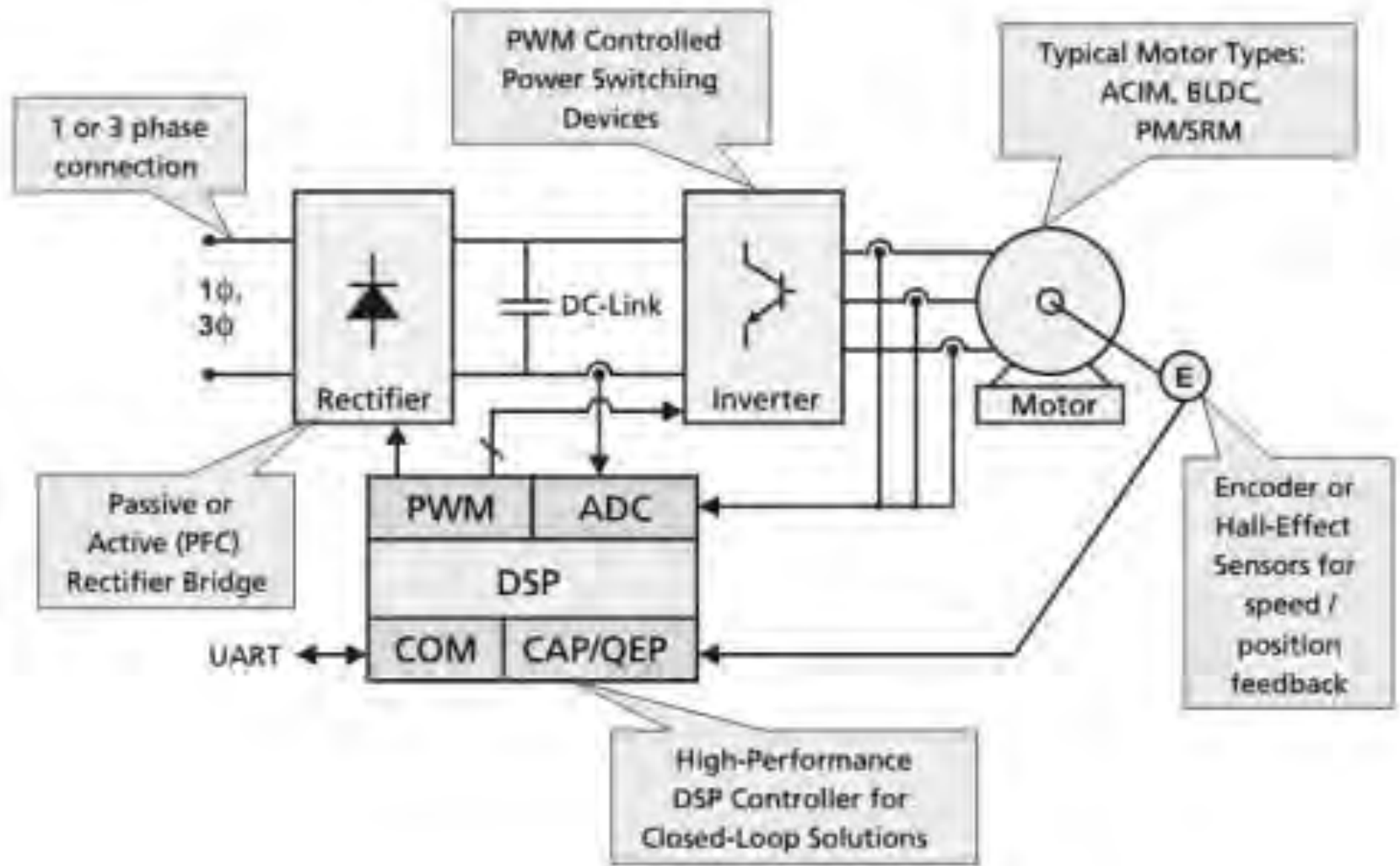




Ventilation Fan နှင့် Water Pumping System များတွင် **Inverter Technology (Variable Frequency Drive - VFD)** ကို အသုံးပြုခြင်း၏ အဓိကရည်ရွယ်ချက်မှာ **Motor Speed ကို Load အလိုက် အလိုအလျောက် ပြောင်းလဲထိန်းချုပ်ရန်** ဖြစ်ပါသည်။ ယခင် DOL (Direct-On-Line) စနစ်ကဲ့သို့ Motor ကို 100% Speed ဖြင့် အမြဲလည်စေခြင်းမဟုတ်ဘဲ လိုအပ်သလောက်သာ လည်ပတ်စေသဖြင့် လျှပ်စစ်စွမ်းအင်ကို 30–70% အထိ ချွေတာနိုင်ပါသည်။

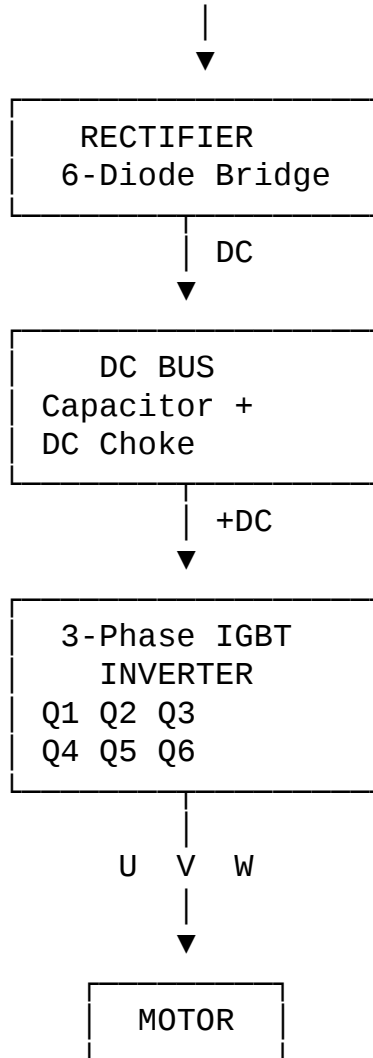


VFD Drive ထဲမှာ DSP Controller ကို “ဦးနှောက် (Brain)” လို့ နားလည်နိုင်ပါတယ်။ Power section က AC ကို DC ပြောင်းပြီး IGBT နဲ့ motor ကို power ပေးတာဖြစ်ပြီး၊ **DSP က Motor ရဲ့ current, voltage, speed, frequency, temperature စတာတွေကို အမြဲတိုင်းတာပြီး IGBT ၆ လုံးကို ဘယ်အချိန်မှာ ON/OFF လုပ်ရမလဲ တွက်ချက်ပေးပါတယ်။** High-performance drive တွေမှာ DSP သုံးခြင်းက အလွန်မြန်တဲ့ real-time current/vector control ကို လုပ်နိုင်စေပါတယ်။



VFD တစ်လုံးရဲ့ အခြေခံဖွဲ့စည်းပုံ

အရင်ဆုံး VFD တစ်လုံးလုံးကို ဒီလိုမြင်ထားပါ—
3-Phase AC 380/400/415 V



ဒါပေမယ့် DSP က အဲဒီ power circuit ထဲမှာ power
မောင်းပေးတဲ့ပစ္စည်း မဟုတ်ပါဘူး။

DSP ရဲ့တာဝန်က—

“Motor ကို ဘယ်လောက်မြန်စေမလဲ၊ ဘယ်လောက် torque
ပေးမလဲ၊ IGBT တစ်လုံးချင်းစီကို ဘယ်အချိန် ON/OFF
လုပ်မလဲ”

ကို microsecond အဆင့်အထိ တွက်ချက်ပေးတာပါ။

ပုံမှန် PWM VFD မှာ input AC ကို rectifier က DC ပြောင်း၊ DC bus capacitor က
smooth/filter လုပ်ပြီး၊ IGBT inverter က variable-voltage/variable-frequency AC
ပြန်ထုတ်ပေးပါတယ်။

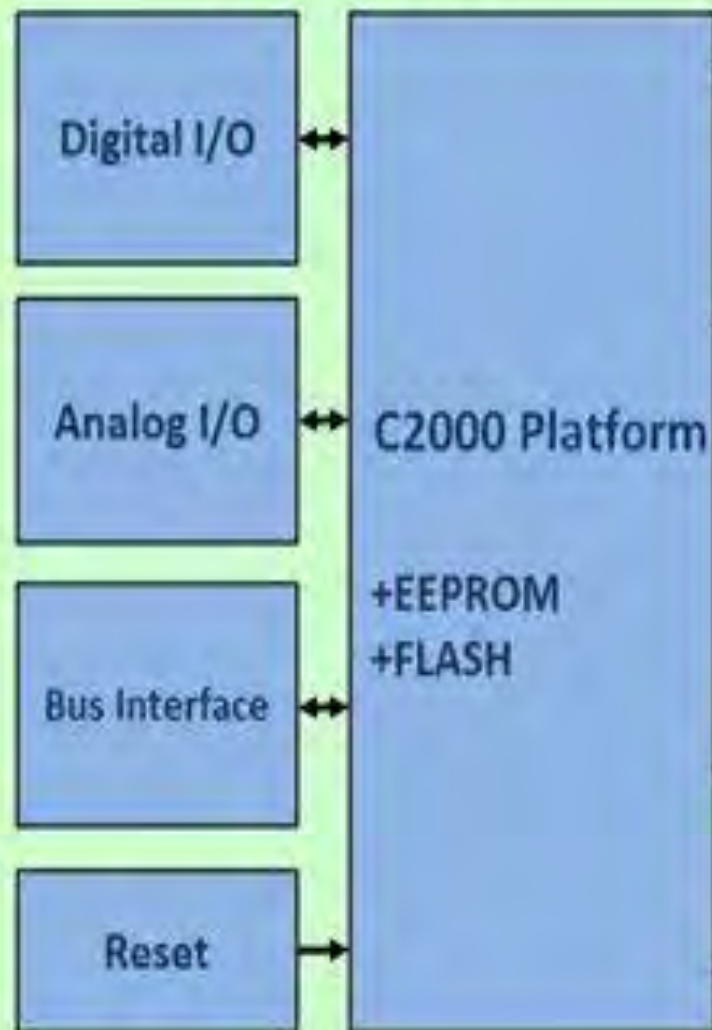
Parameter Setting Menu

MAIN MENU

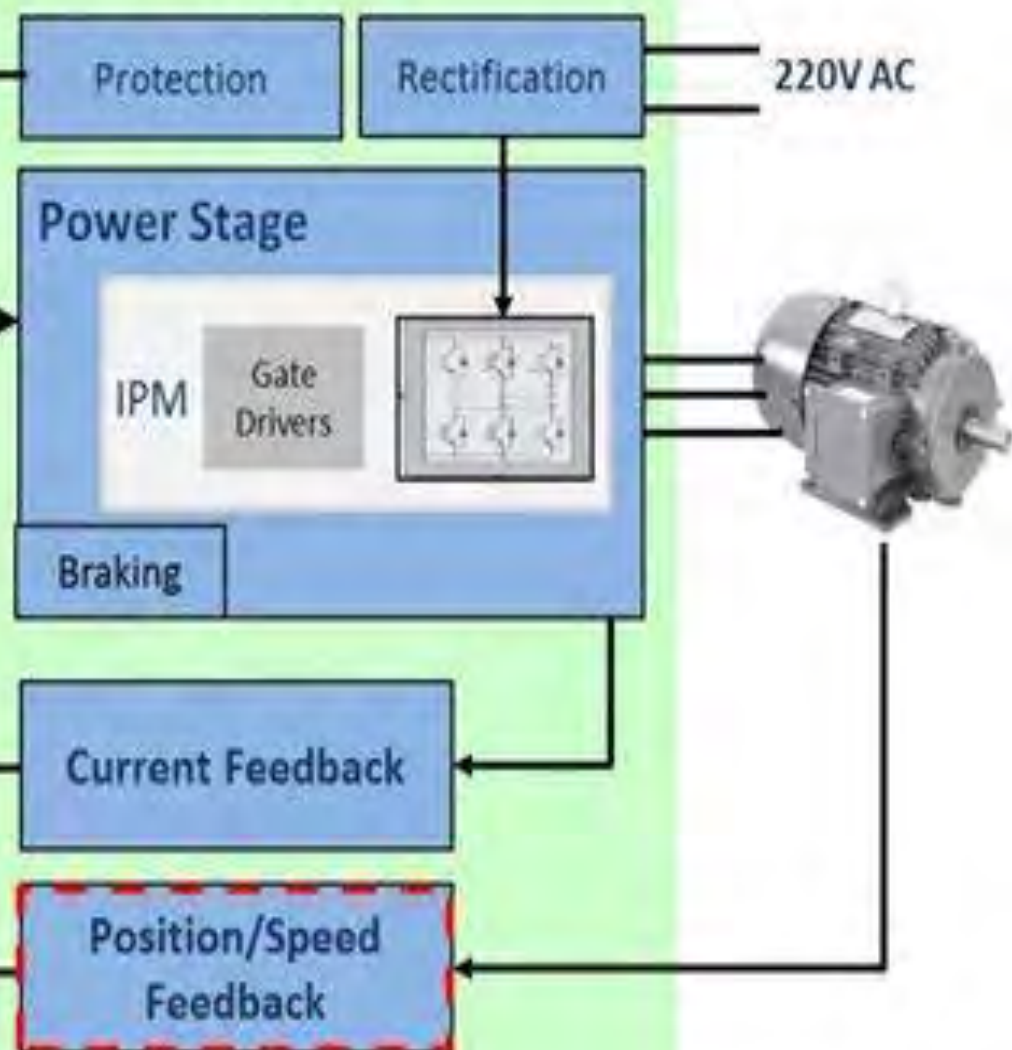
- ▶ Motor Parameters
- ▶ Basic Setup
- ▶ Speed Reference
- ▶ Acceleration Time
- ▶ Deceleration Time
- ▶ PID Control
- ▶ Multi Speed
- ▶ Analog Input
- ▶ Digital Input
- ▶ Output Relay
- ▶ Communication
- ▶ Fault History



Control Board



Power Board

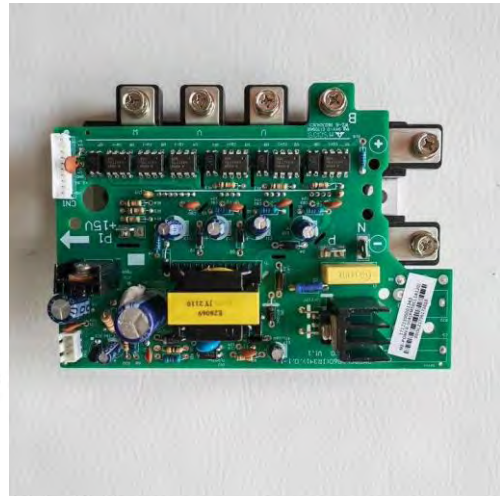
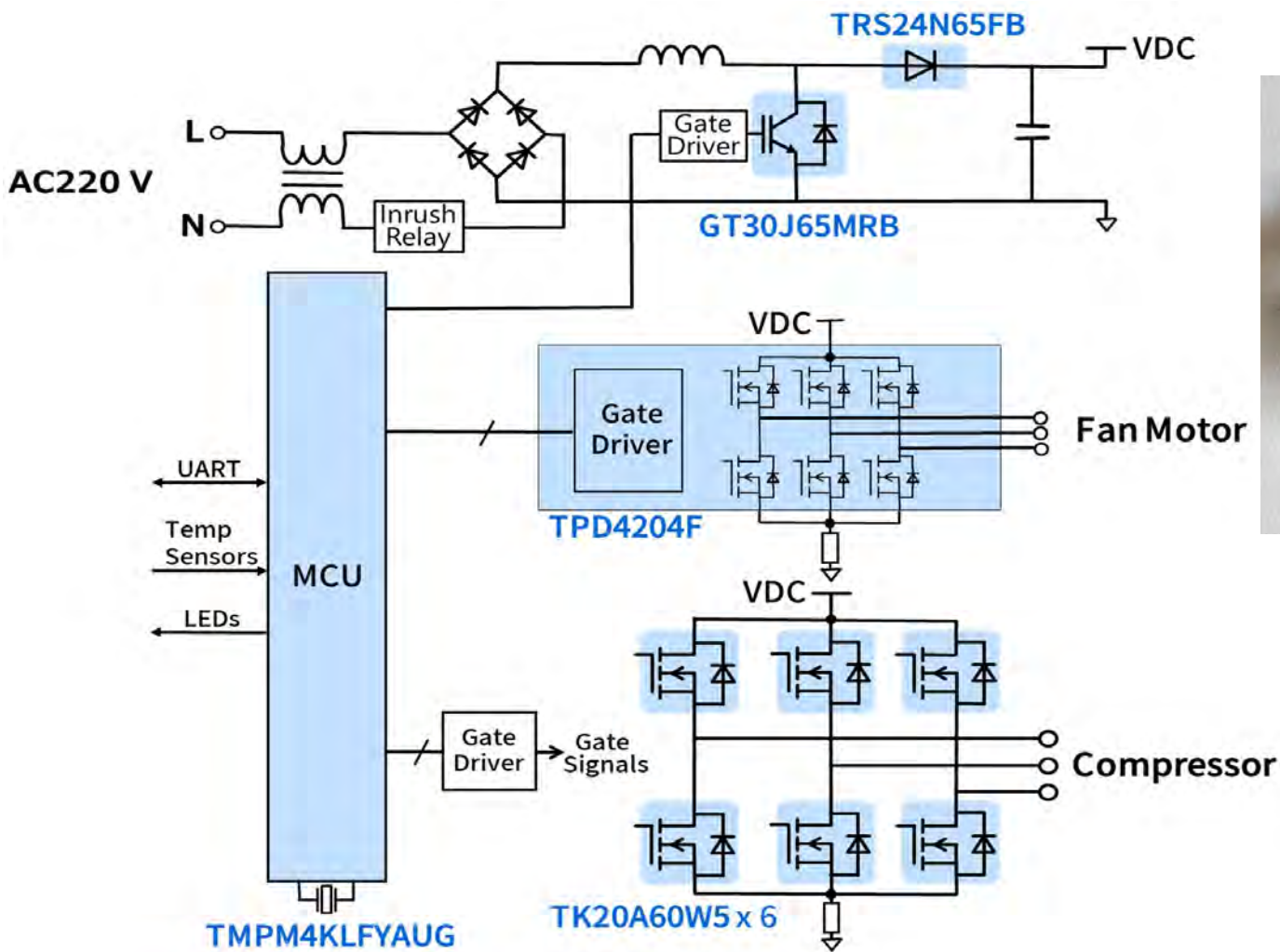


220V AC

Power Supply

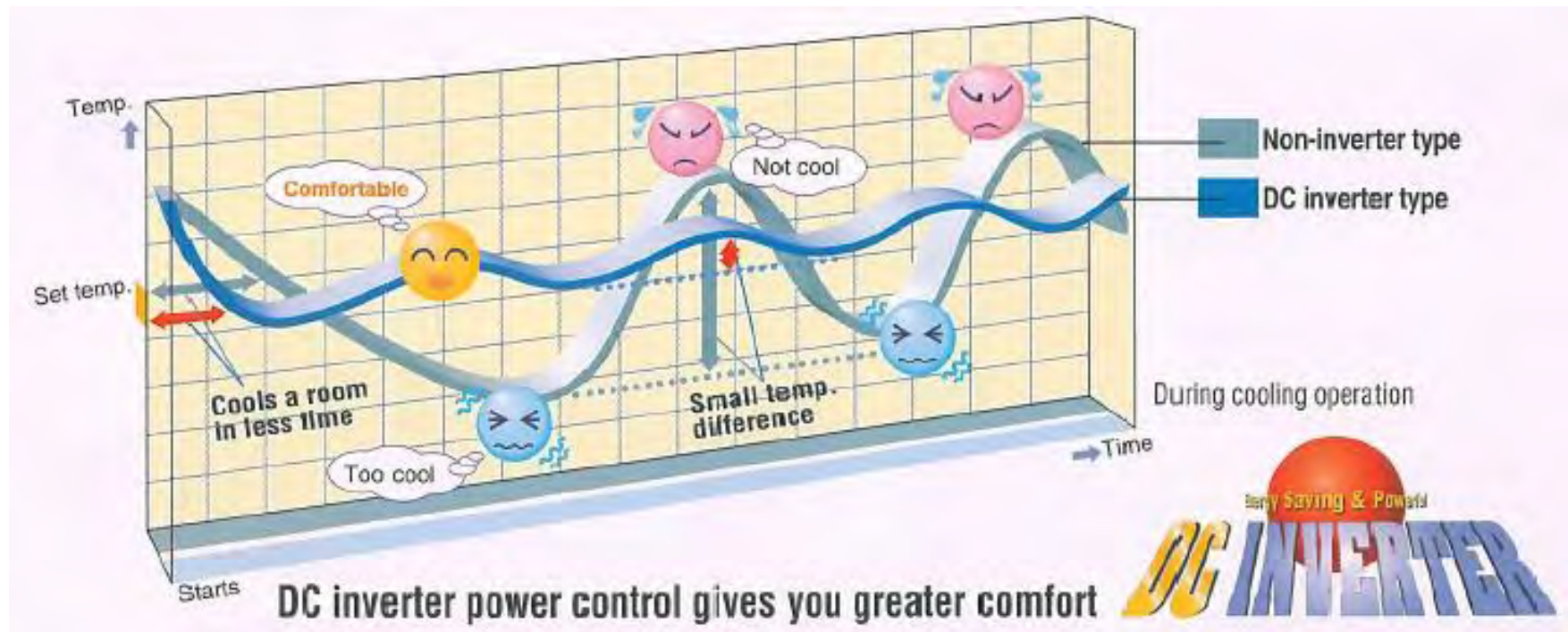
Single Phase Inverter Air Conditioner (AC) များတွင် "Inverter" ဆိုသည်မှာ Compressor Motor Speed ကို Variable Frequency ဖြင့် ထိန်းချုပ်နိုင်သော Power Electronics System ကို ဆိုလိုပါသည်။

ပုံမှန် Non-Inverter AC တွင် Compressor သည် ON/OFF ပဲ လုပ်နိုင်သော်လည်း Inverter AC တွင် Compressor Speed ကို 20Hz မှ 120Hz ခန့်အထိ ပြောင်းလဲနိုင်သောကြောင့် လျှပ်စစ်စွမ်းအင်သက်သာပြီး Temperature Control ပိုမိုတိကျပါသည်။

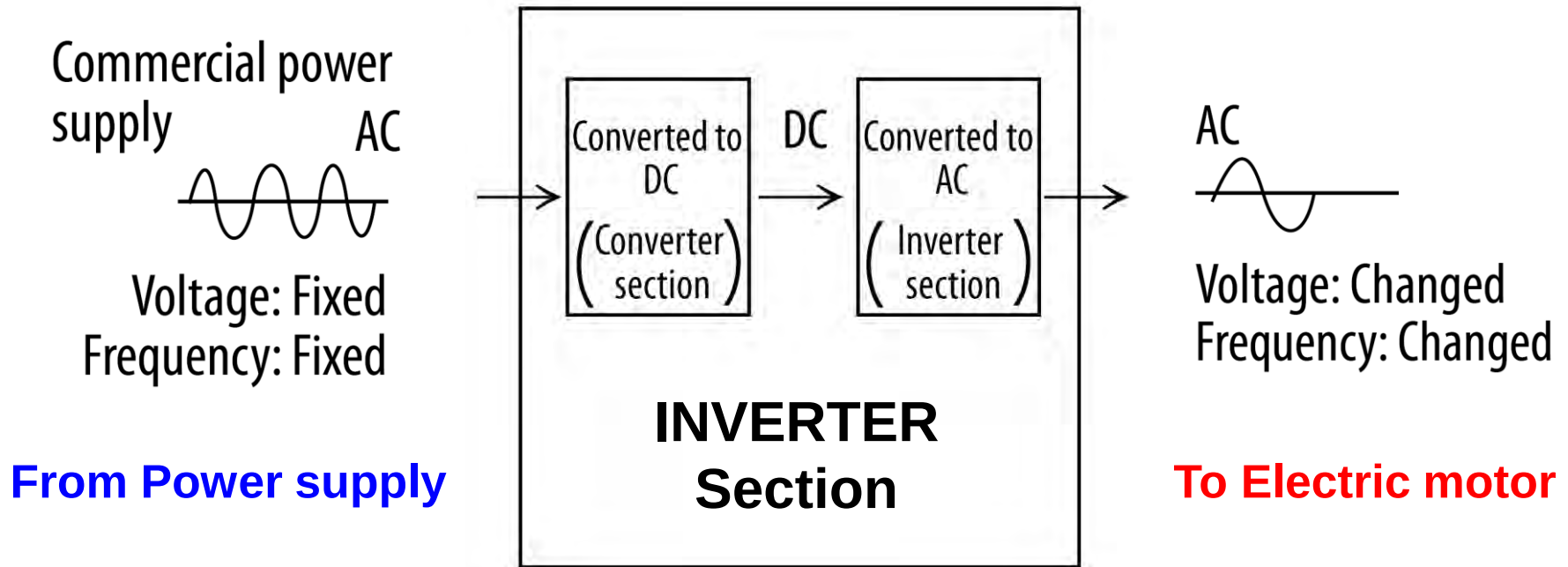


Advantage of DC Inverter Power Control

- DC inverter power control uses its full capacity at startup to cool quickly.
- Once set temperature is reached, it precisely adjusts current frequency to prevent temperature fluctuation and energy loss

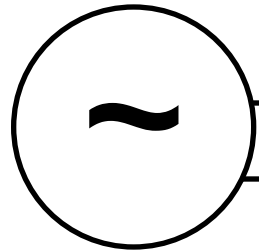


Principle of Inverter



Principle of Inverter

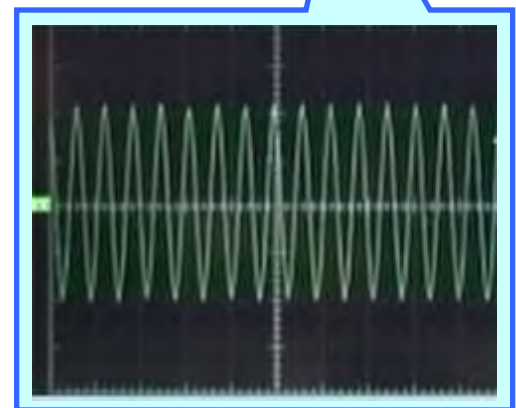
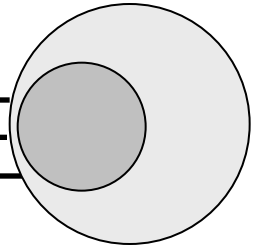
Power Supply



Converter

Inverter

Compressor



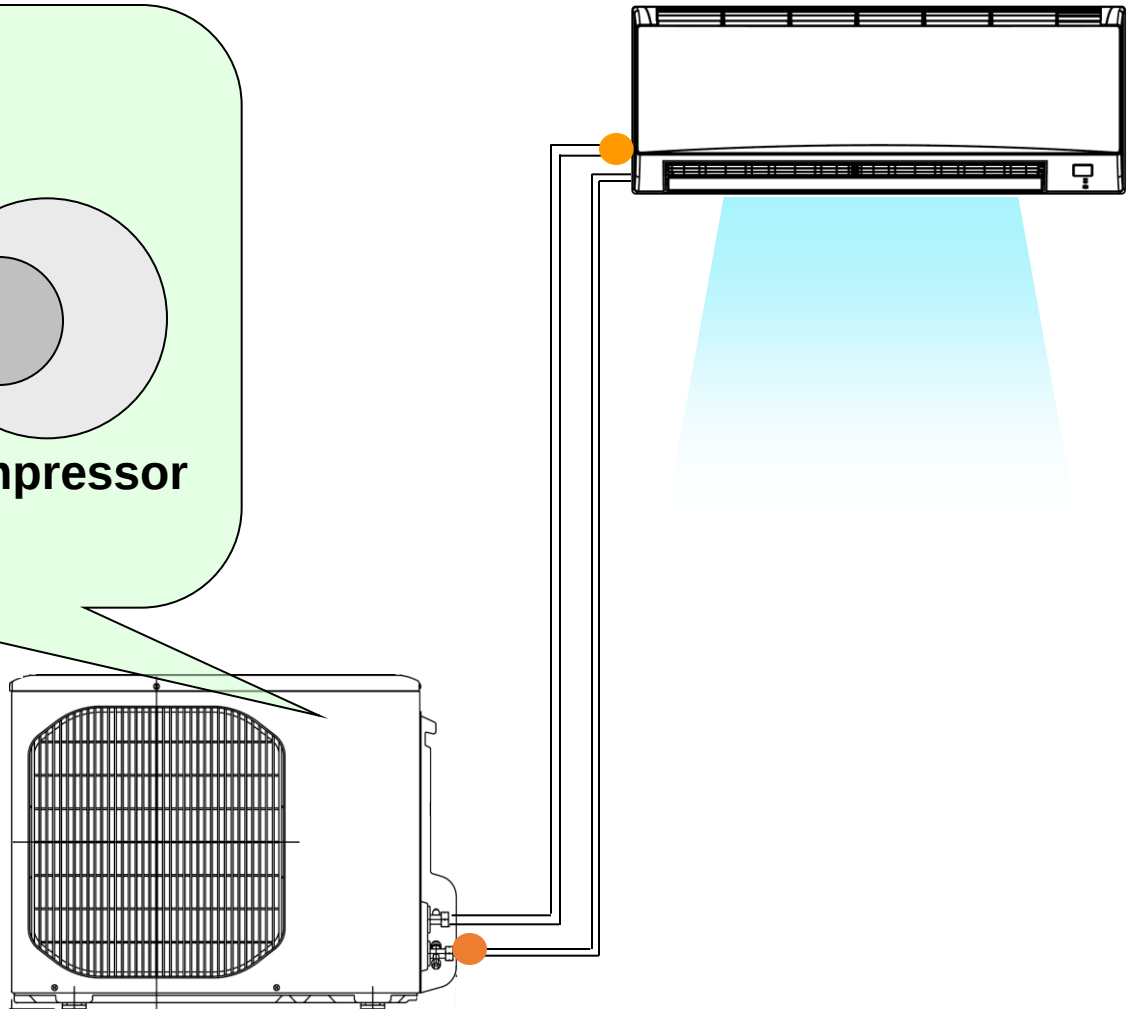
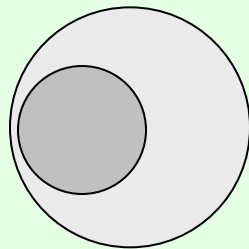
Highly Efficient Operation

Medium Rotation Speed

Inverter Control



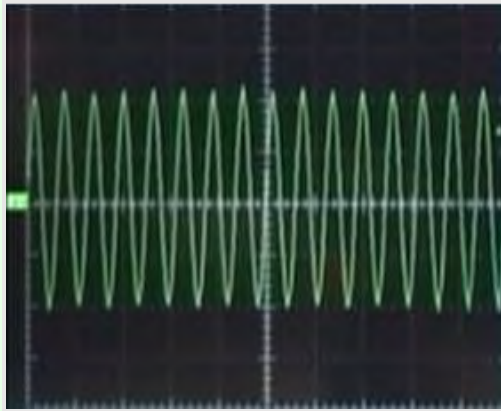
Compressor



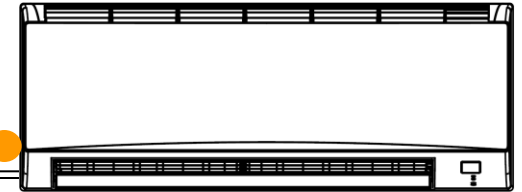
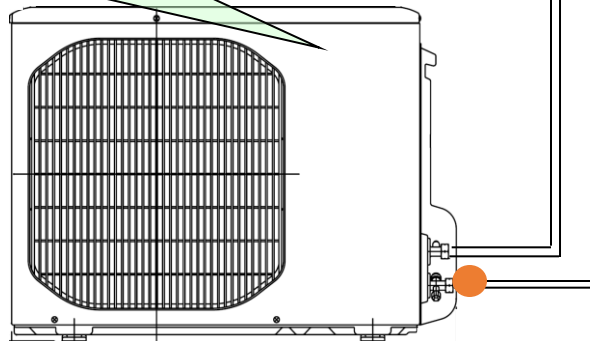
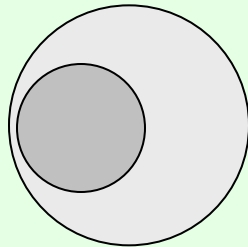
Highly Efficient Operation

High Rotation Speed
(Start Operation)

Inverter Control



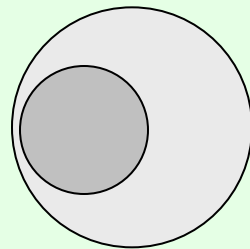
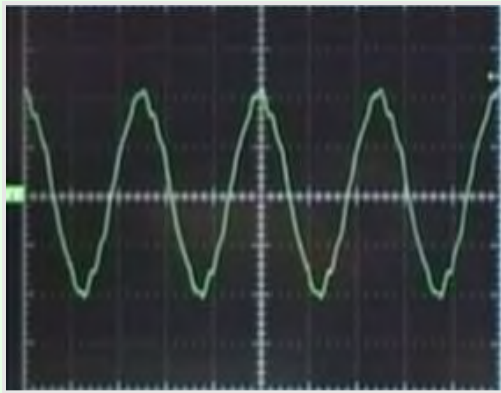
Compressor



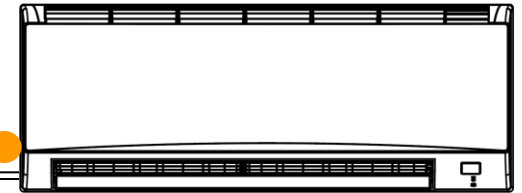
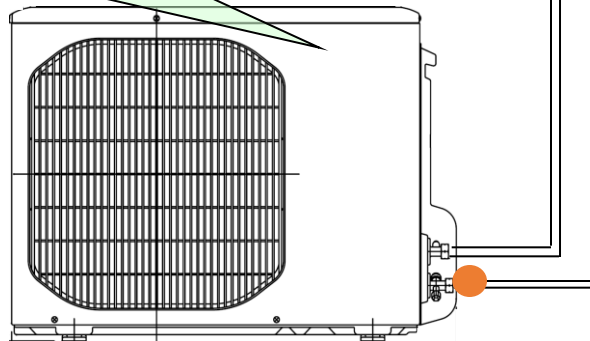
Highly Efficient Operation

Low Rotation Speed
(Reach to set temperature)

Inverter Control



Compressor



Illustrated Operation in Cooling Mode

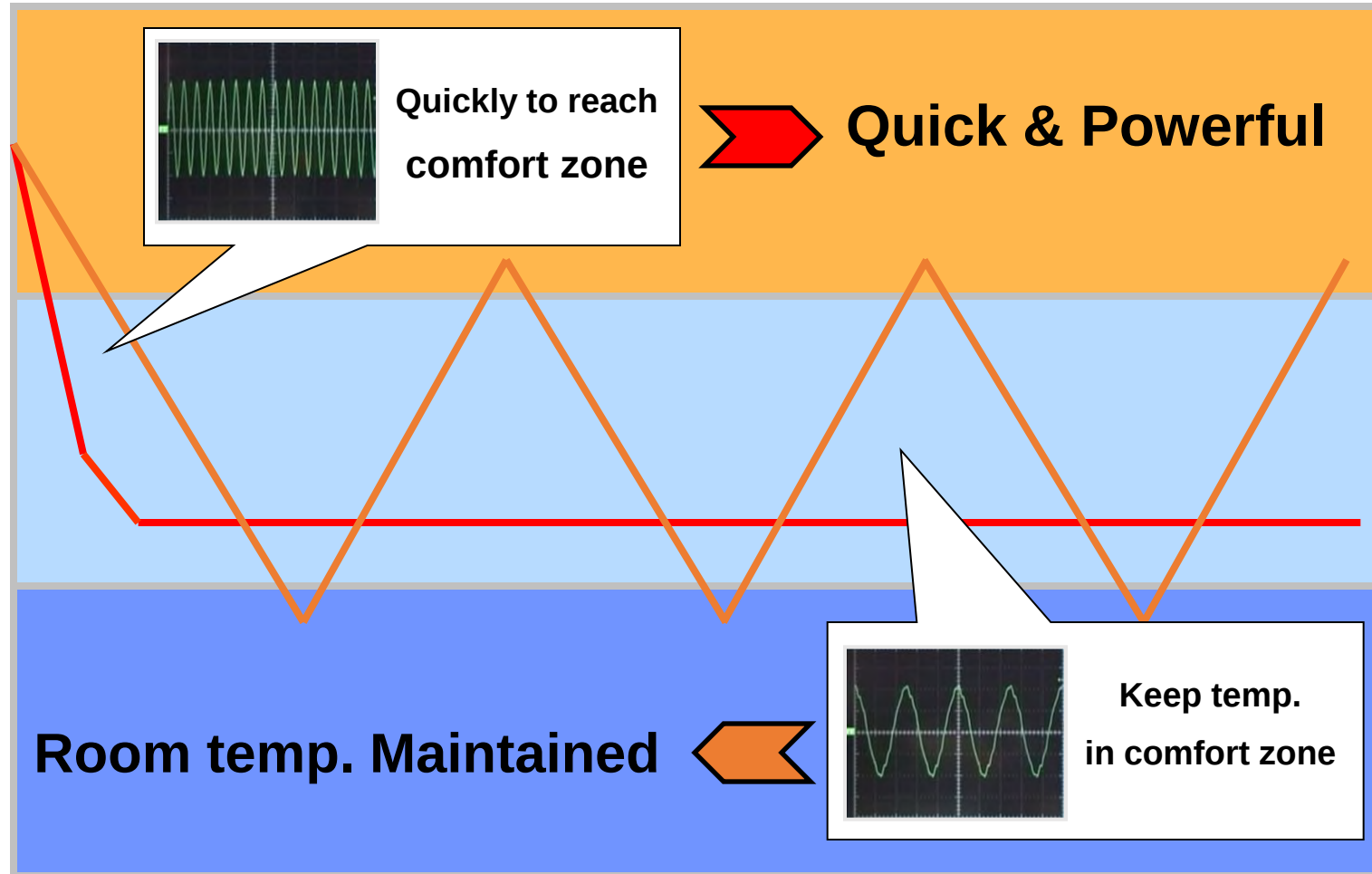
Start of Cooling Mode

After reaching preset temperature

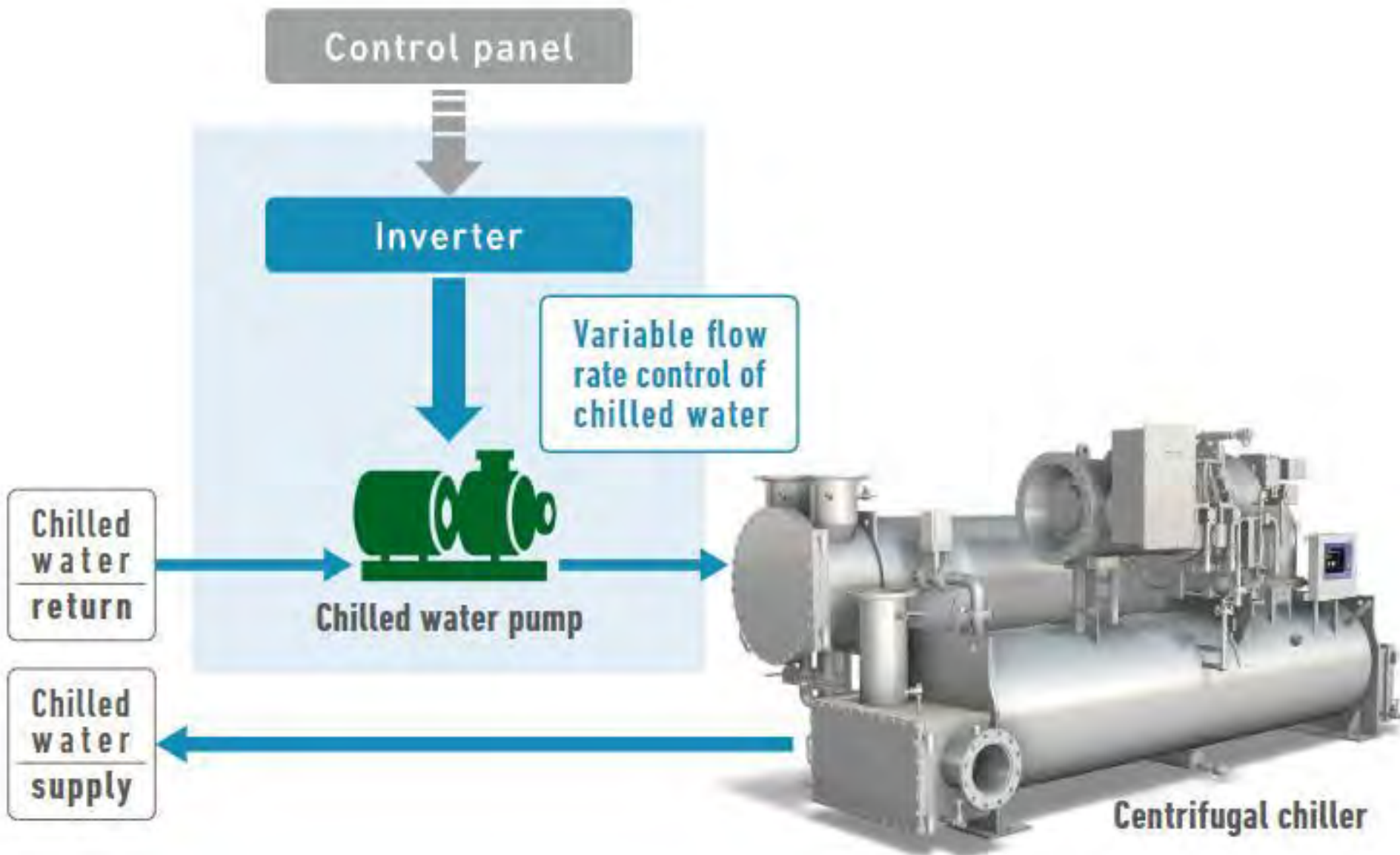
Too Warm

Comfortable

Too Cold



— : With Inverter — : Without Inverter



Type of VRV,VRF System

What is the VRV and VRF System

- VRV (Variable Refrigerant Volume) နှင့် VRF (Variable Refrigerant Flow) သည် အတူတူပါပဲ။ Daikin က VRV ဟုခေါ်ပြီး အခြားကုမ္ပဏီအများစုက VRF ဟု ခေါ်ဝေါ်ကြသည်။

VRV ဆိုတာ

Variable Refrigerant Volume ကို အတိုကောက်ခေါ်တွဲနာမည်ပါ။ မြန်မာလိုဆိုရင်တော့ စက်ထဲမှာ လည်ပတ်နေတဲ့အဲကွန်းဂက်စ်ကို အအေးကွိုင်တွေရဲ့ အအေးပေးရမည့်ပမာဏ (Cooling load)ကို မူတည်ပြီး အလိုအလျောက်လိုတိုးပိုလျှော့ လုပ်ပေးတဲ့အဲကွန်းစနစ် ကိုဆိုလိုတာပါ။ VRV ဆိုတဲ့ အခေါ်အဝေါ်ဟာ Daikin အဲကွန်းရဲ့မူပိုင်စကားလုံးပါ။ အဲဒါကြောင့် အဲဒီစနစ်ကိုပဲ Mitsubishi အဲကွန်းက

VRF =Variable Refrigerant Flow

လို့ခေါ်ပါတယ်။ အတူတူပါပဲ အခေါ်အဝေါ်ပဲကွာတာပါ။ တခြား အဲကွန်း တံဆိပ်တွေကလည်း

VRF လို့ စနစ်လို့ခေါ်ကြပါတယ်။ Carrier, Toshiba, Panasonic, York, General စသည့်, အားလုံးသော ထုတ်လုပ်သူများ ကလည်း, VRF System အနေဖြင့်သာ Registration ပြုလုပ်လားကြပါသည်။

Air conditioner and building scale

~20m²
~215ft²

200m²
2153ft²

2000m²
21530ft²

20000m²~
215300ft²~

RAC
M-Series

PAC
P-Series

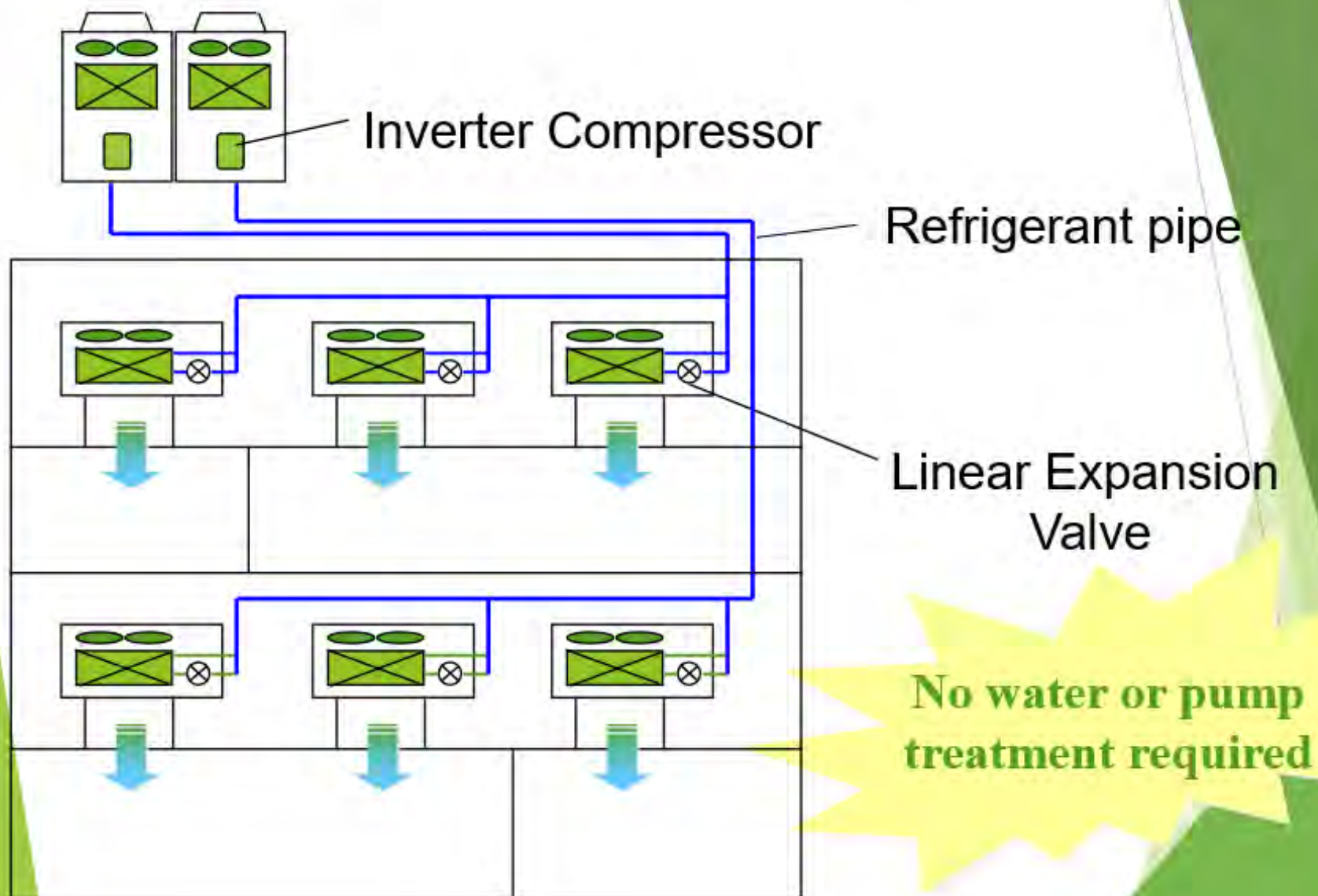
VRF System



There is a trend from central
air-conditioner to VRF System

central air-conditioner
(Chiller)

Example of VRV/VRF system



Inverter type Scroll Compressor

Development of high strength material

Gives 2.4 times tensile strength compare to conventional material

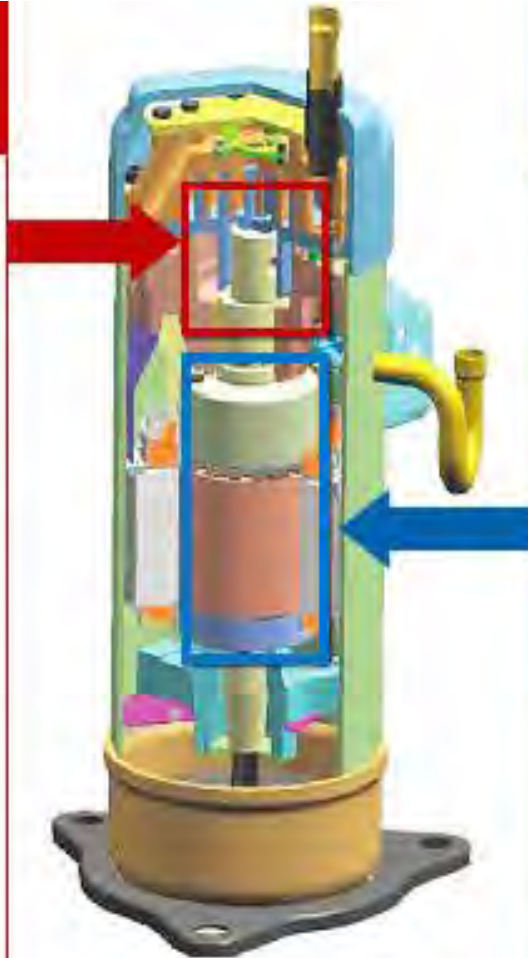
New Material: 600MPa

Conventional Material: 250MPa

Increase compression chamber volume by using thin spiral design.



As a result of having thinned a wall - thickness of the scroll, compression chamber volume increase 50%



Small type high efficiency concentrated winding motor

Distributed winding motor

(Current 8HP compressor)

Concentrated winding motor

(New 12HP compressor)



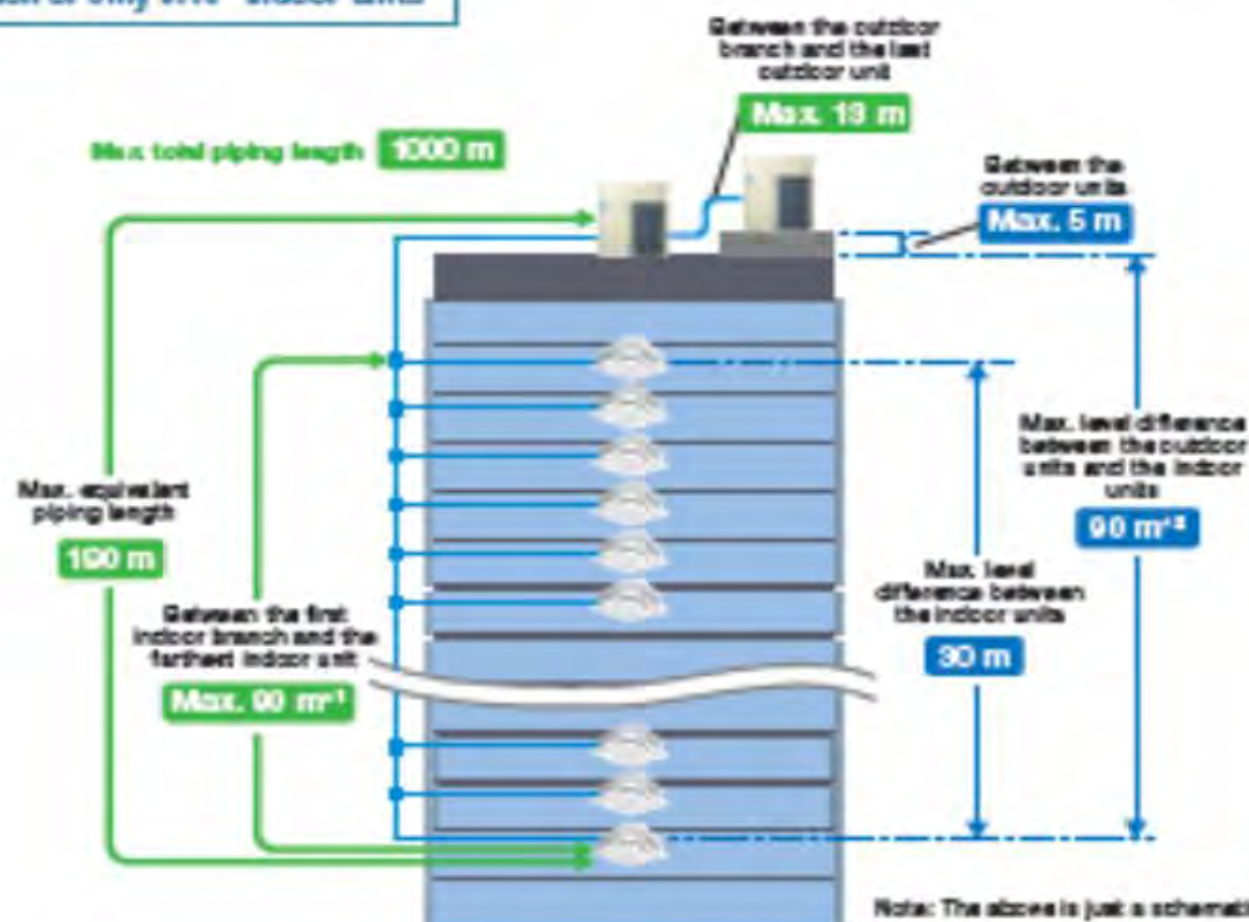
Small sizing coil end using concentrated winding, reduce copper loss (winding resistance).

Improve motor efficiency in low rpm range (improve intermediate efficiency).

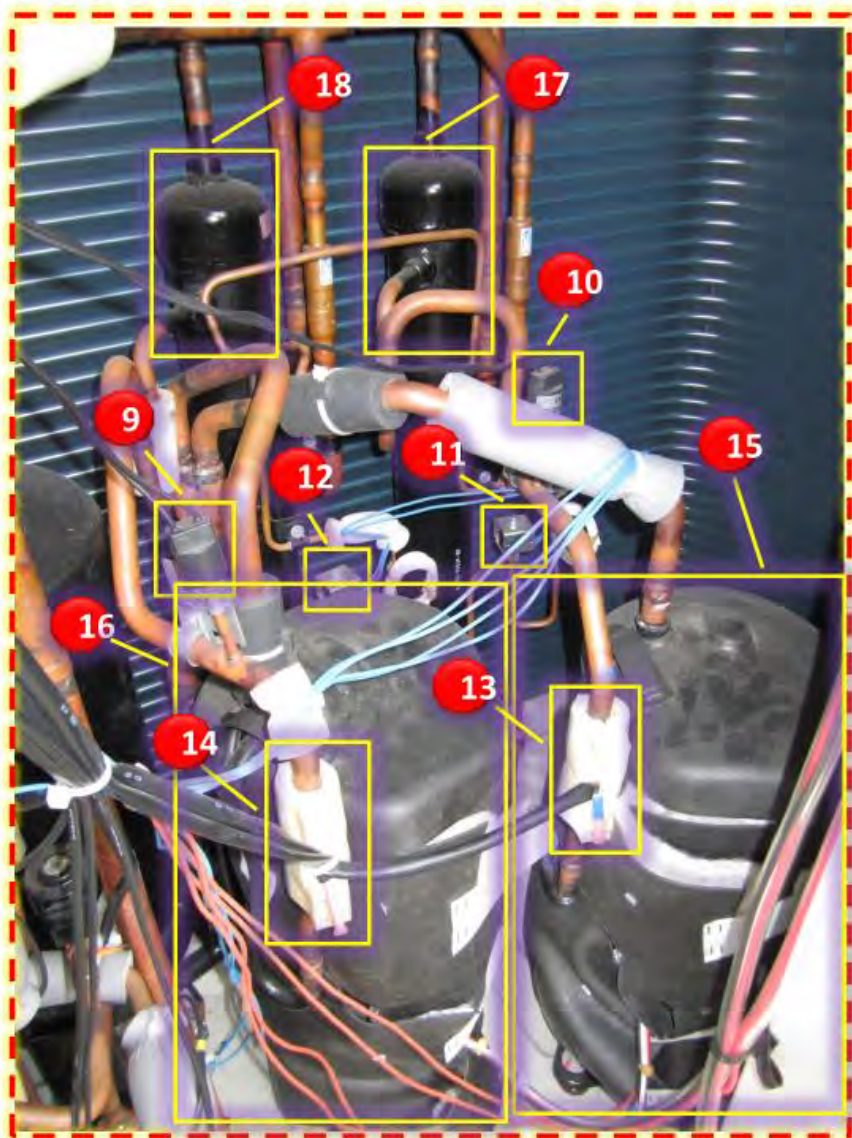
Long piping length

The long piping length provides more design flexibility, which can match even large-sized buildings.

For connection of only VRF indoor units



Maximum allowable piping length	Actual piping length (Equivalent)	165 m (160 m)
	Total piping length	1000 m
	Between the first indoor branch and the farthest indoor unit	60 m ¹
	Between the outdoor branch and the last outdoor unit (Equivalent)	90 m (13 m)
Maximum allowable level difference	Between the outdoor units (Multiple use)	5 m
	Between the indoor units	30 m
	Between the outdoor units and the indoor units	90 m ²

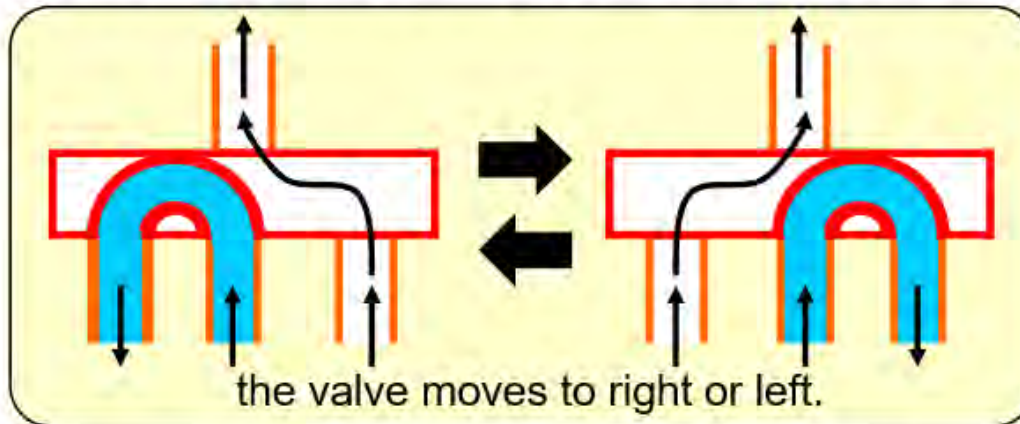


No	Symbol	Name
9	S2PH	High Pressure Switch (INV.2)
10	S1PH	High Pressure Switch (INV.1)
11	Y3S	Solenoid Valve (Oil Return 1)
12	Y4S	Solenoid Valve (Oil Return 2)
13	R21T	Thermistor (INV. 1 Discharge Pipe)
14	R22T	Thermistor (INV. 2 Discharge Pipe)
15	M1C	Inverter Compressor (INV.1)
16	M2C	Inverter Compressor (INV.2)
17	-	Oil Separator for INV.1 Comp
18	-	Oil Separator for INV.2 Comp

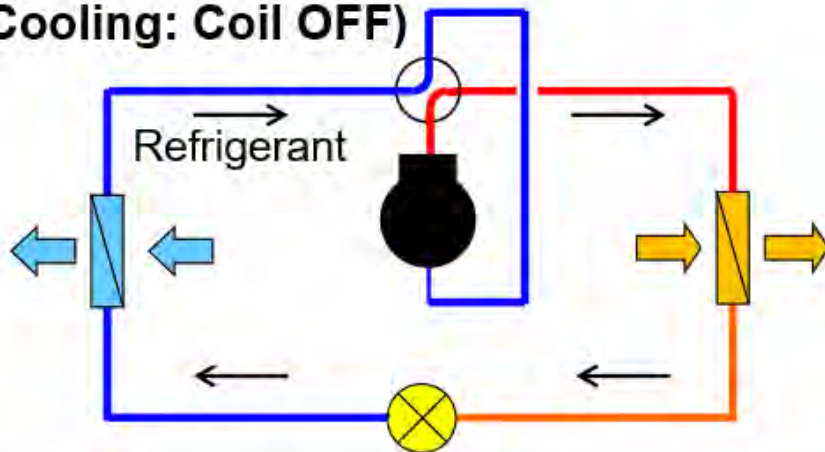
Four-Way Valve

For the heat pump

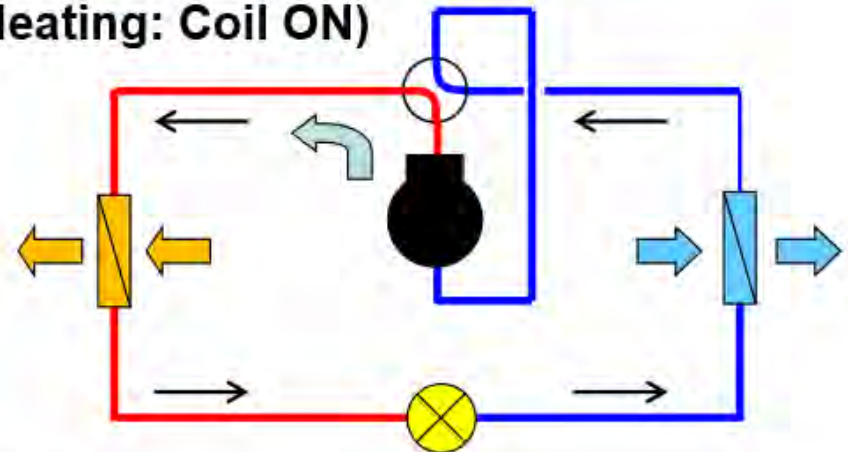
- The four-way valve changes the direction of the refrigerant flow.



(Cooling: Coil OFF)

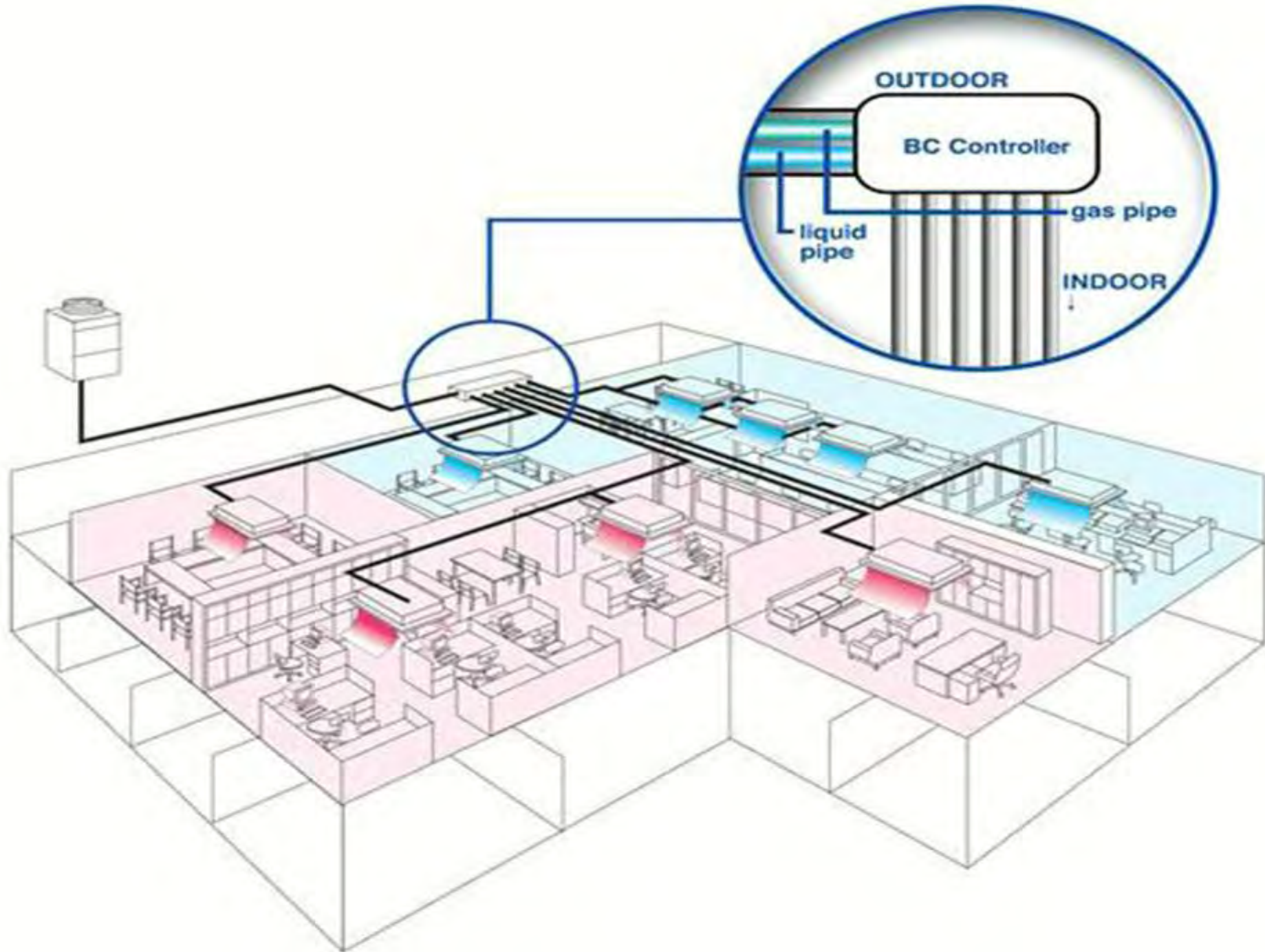


(Heating: Coil ON)



Examples of problems with the four-way valve

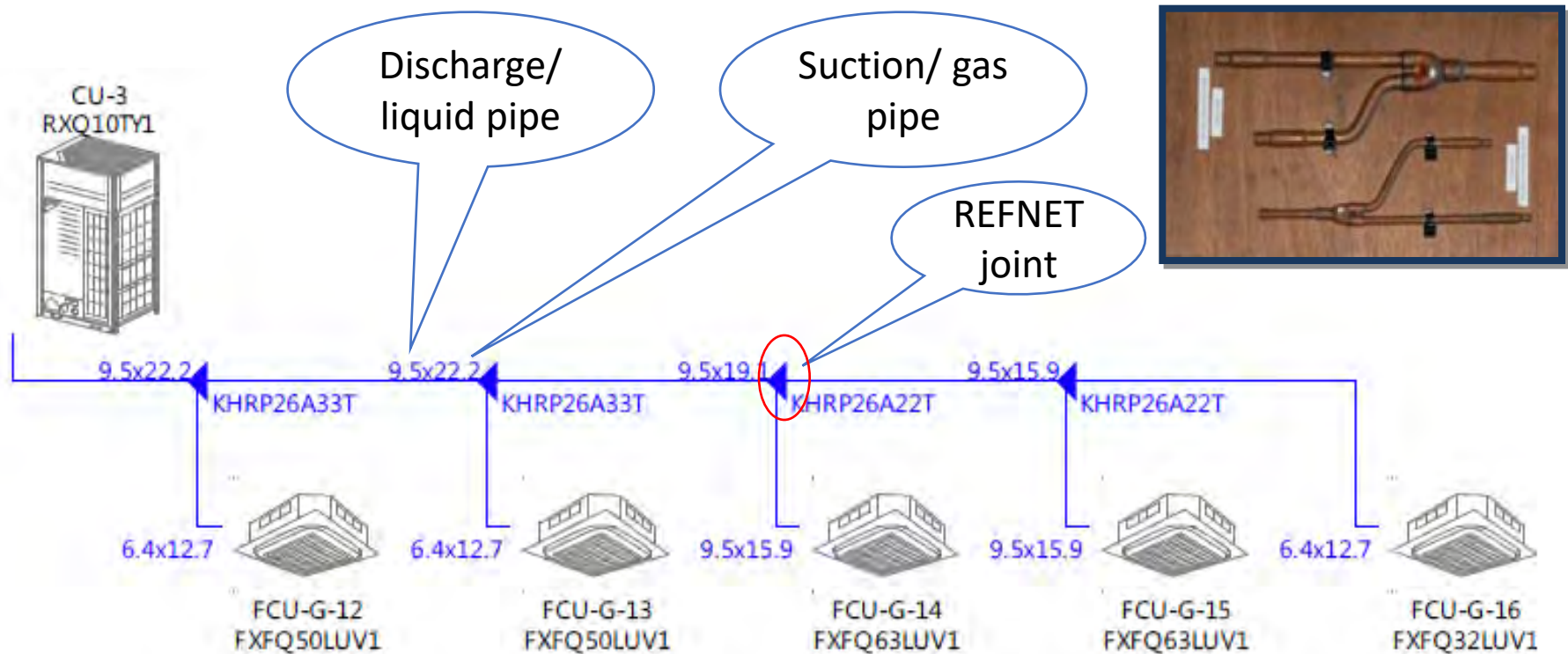
- Coil : Wiring breaks, disconnected connector
- Valve : Leaks due to cracks on the brazed area, internal leaks, malfunction of piston



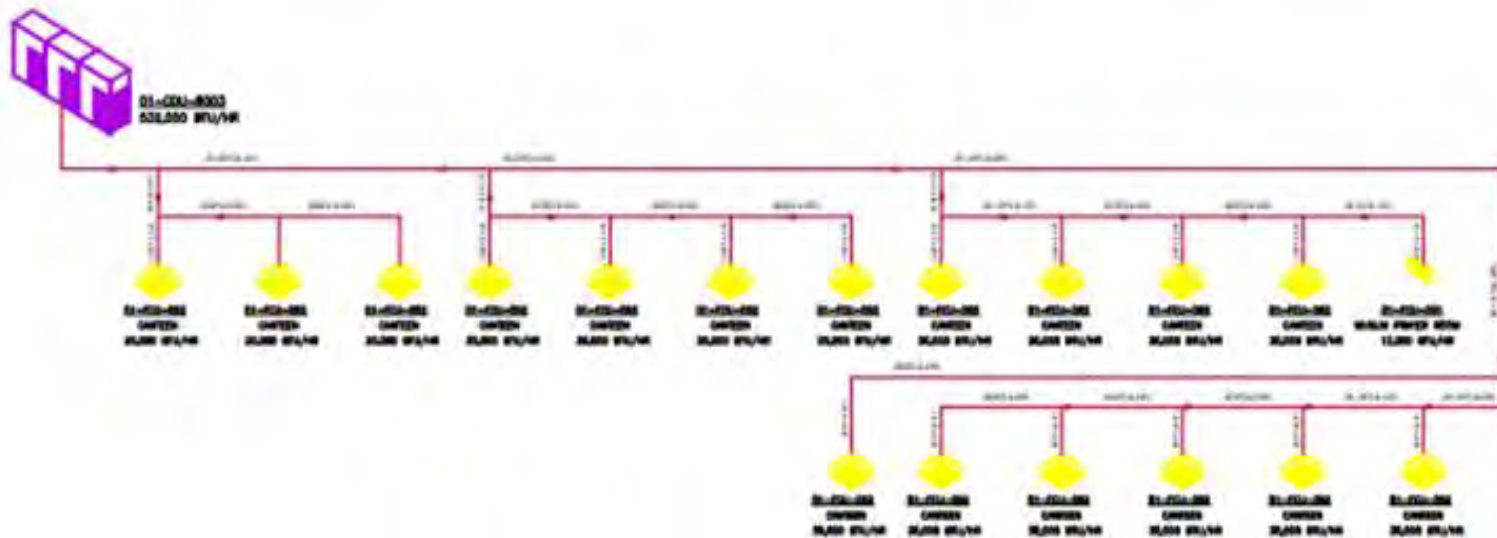
INSTALLATION OF VRV

Precaution for piping installation

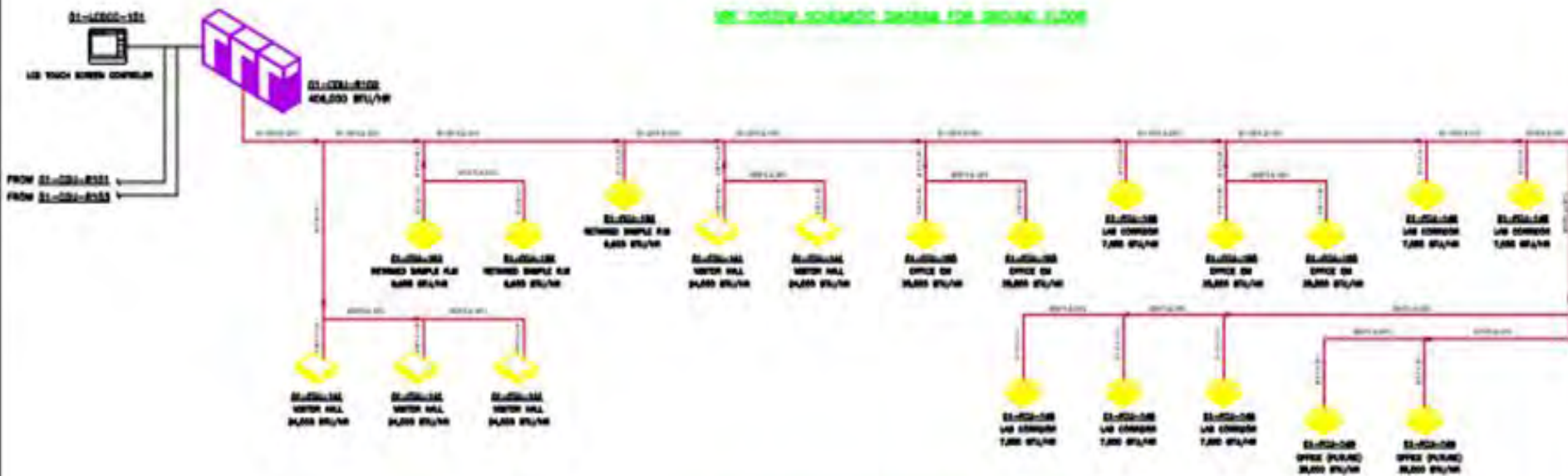
I. Ensure diameter of copper pipe and REFNET joint are as specified.



YRF SYSTEM SCHEMATIC DIAGRAM



[View online schematic diagram for ground floor](#)



SEE SUPPLEMENTARY SCHEMATIC DIAGRAM FOR FIRST FLOOR

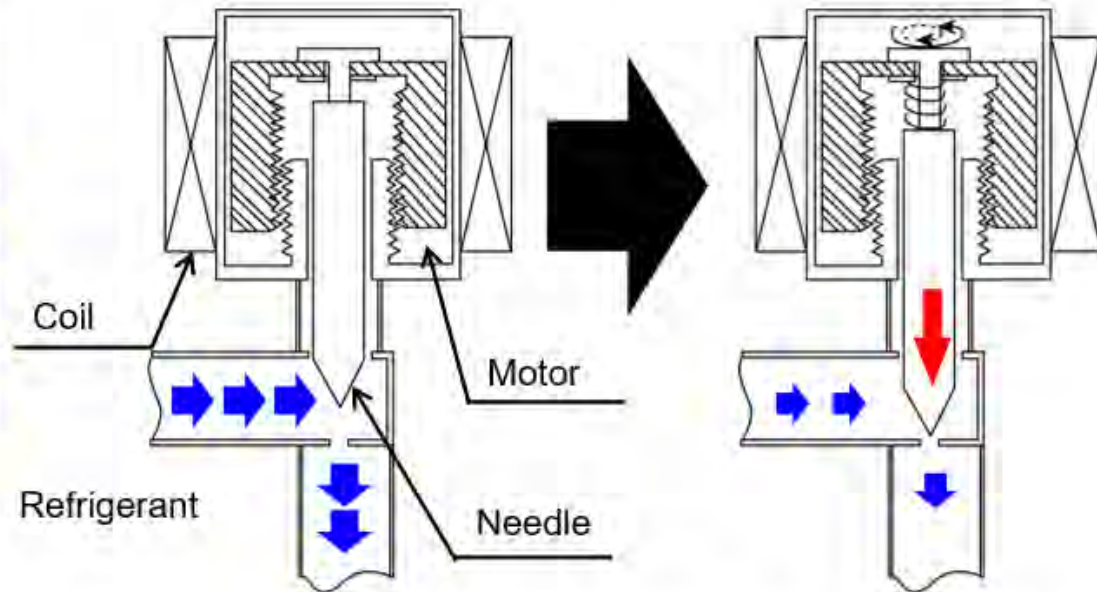


Expansion valve

- High pressure, high-temperature liquid refrigerant is cooled and changed to low-pressure, low-temperature liquid refrigerant.
- It reduces the pressure to bring the liquid refrigerant into a state that can easily evaporate even at a low temperature.



Switching pulse: 0-480 pls.

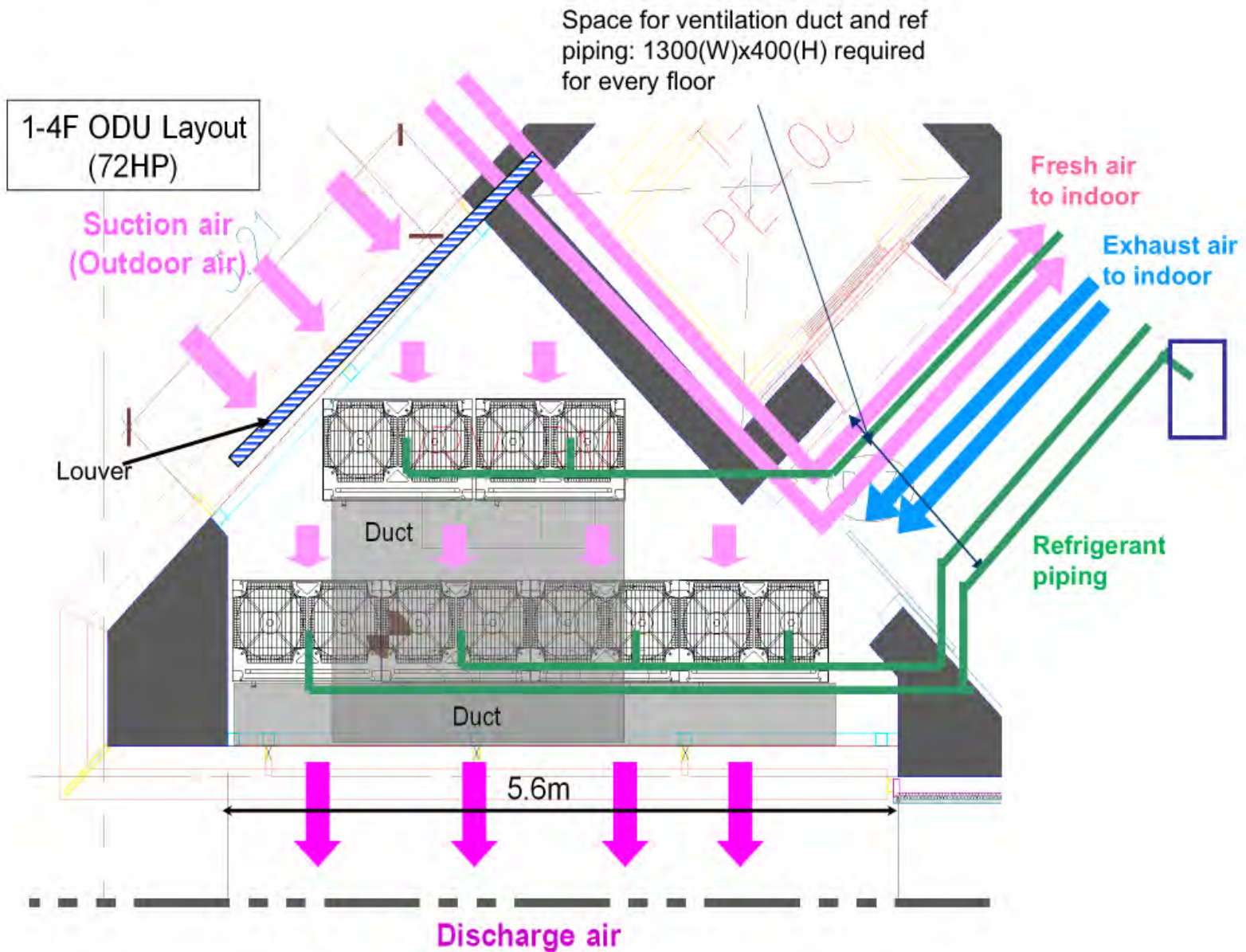


Examples of problems with the expansion valve

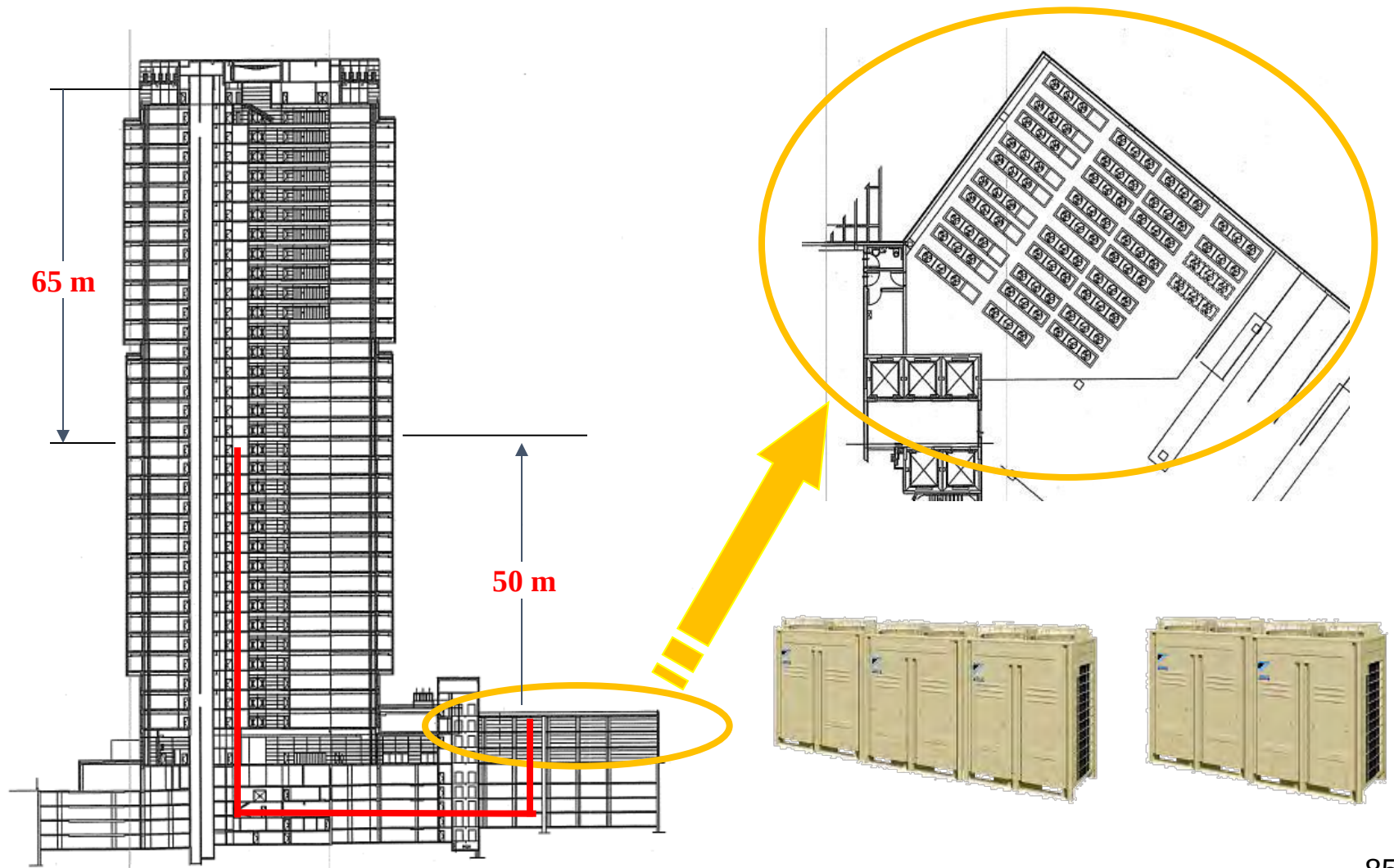
- During superheat operation ... Closed too much or fully closed;
- During wet operation ... Opened too much;
- When not moving (or stuck) ... Leaks, freezing, frost formation

- Problems: Coil ... Wiring breaks, disconnected connector; Valve... Leaks

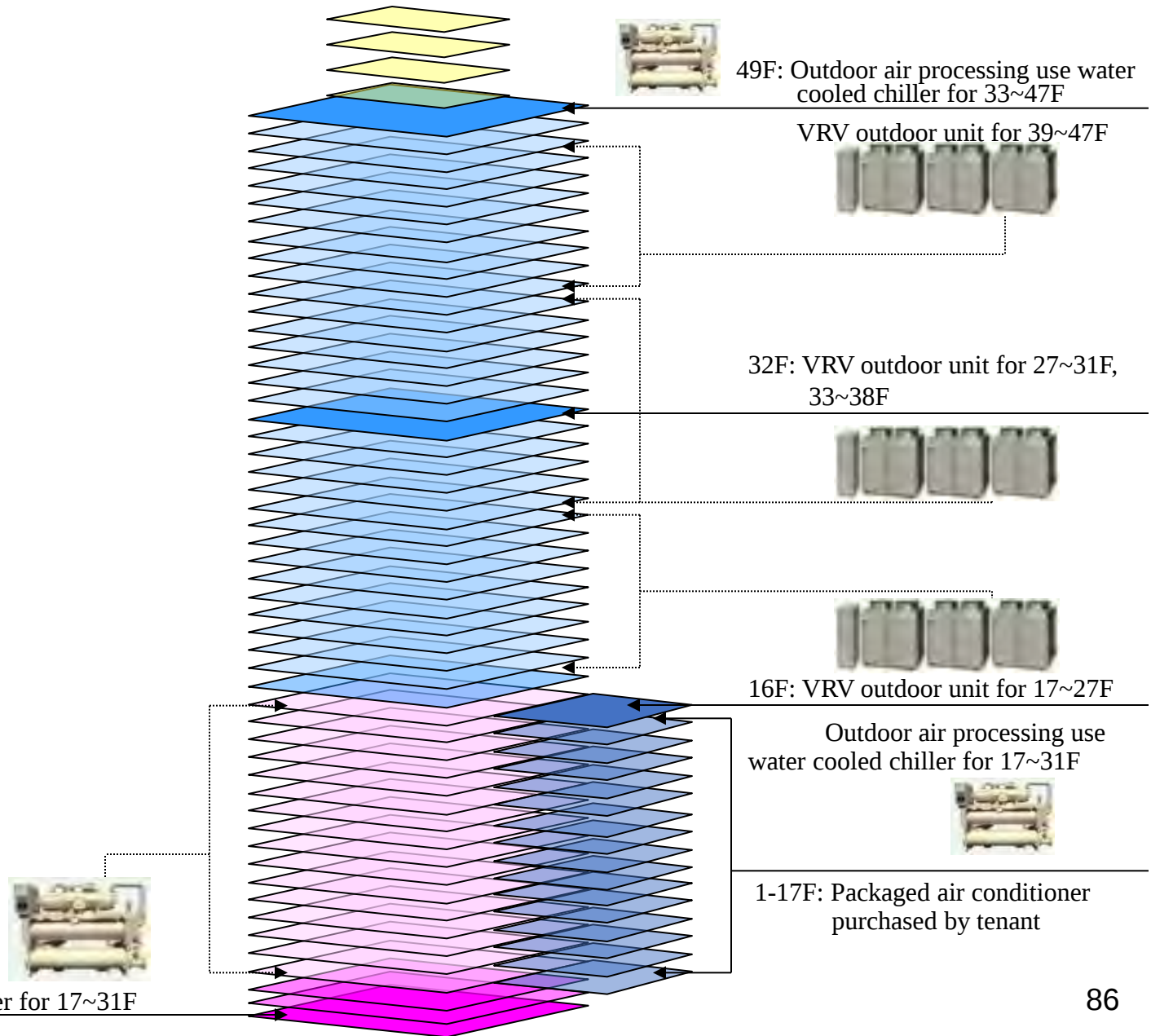
Machine room detail



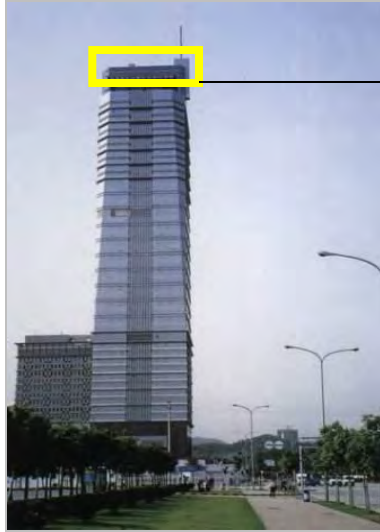
Detail



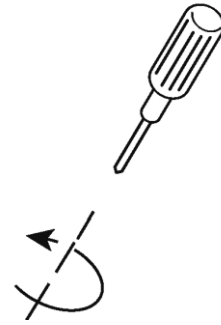
1. Air-conditioning summary



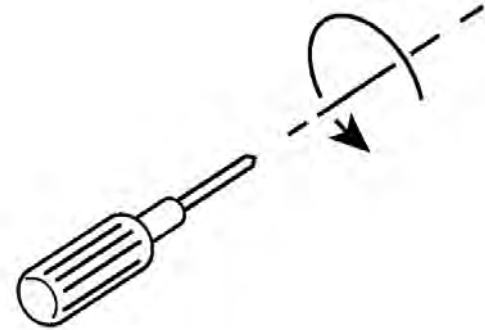
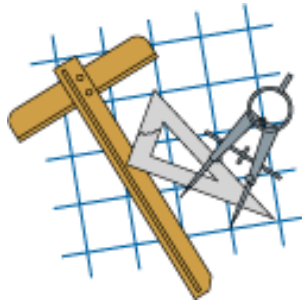
2. **VRV** outdoor unit location 1



Trouble-Shooting



Trouble Shooting



Maintenance Tool

Operation Status Monitor

Operation Status Monitor

[Return](#) [Time-Searching](#) [Print](#) [Help](#)

<CWT cu5-2 final test 1928>

Monitor Cycle:60sec.

8/14/2007 19:13:51

PUHY-P450YMM Adres 061 Ver.12.06/ 2.03 LEV1= 138 21S4a=0 SV1=0 SV5b=0 Power=50Hz
 Primality=Primary FAN-Ver 2.03 FAN =96 21S4b=0 SV3=1 SV5c=0 Rep=1
 CtrlMode=Ordinary Save=100% AK =97 21S4c=0 SV5d=0 52F=1
 Ope Mode=Cooling F=131Hz Foc=66 Hz (F1=66 Hz F2=0 Hz)
 DEMAND =OFF Qj(C/H)=163 /0 THHS1= 46.9 TH11= 84.1 TH6= 32.4 63HS= 25.9
 DEMAND2=OFF Vdc=557.0 Iu= 14.3 SCo= 12.1 THHS5= 37.1 TH12= 44.7 TH7= 10.7 63LS= 6.1
 SNOW =OFF Idc= 20.7 Iw= 14.4 SCc= 32.3 TH8= -0.6 Tc= 42.8
 NIGHT=OFF SHb= 2.9 TH5= 30.8 Te= -4.0

PUHY-P650YSM Adres 062 Ver.12.02/ 2.03 LEV1= 230 21S4a=0 SV1=0 SV5b=0 Power=50Hz
 Primality=Secondary FAN-Ver 2.03 FAN =10 21S4b=0 SV3=0 SV5c=0 Rep=1
 CtrlMode=Ordinary Save=100% AK =15 21S4c=0 SV5d=0 52F=1
 Ope Mode=Cooling F=66 Hz Fos=66 Hz (F1=66 Hz F2=0 Hz)
 DEMAND =OFF Qj(C/H)=163 /0 THHS1= 47.3 TH11=100.0 TH6= 34.2 63HS= 22.5
 DEMAND2=OFF Vdc=565.0 Iu= 13.2 SCo= 0.2 THHS5= 36.0 TH12= 59.0 TH7= 37.3 63LS= 6.1
 SNOW =OFF Idc= 18.3 Iw= 13.1 SCc= 1.1 TH8= 37.6 Tc= 38.6
 NIGHT=OFF SHb= 41.6 TH5= 38.3 Te= -4.0

IC	QJ	TH1	TH2	TH3	TH4/HU	SH/SC	Li	TO	Save	O/F	Mode	State	IC S
15	10	26.0	4.3	15.0		9.9	41	19	100	Operating	Cooling	Stand by	Cool OFF
16	10	26.0	1.3	18.9		17.2	41	19	100	Operating	Cooling	Stand by	Cool OFF
17	16	26.4	1.7	19.3		17.2	345	20	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
18	16	26.4	0.9	18.5		18.1	345	20	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
19	10	26.0	0.4	18.5		18.1	432	20	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
20	6	26.8	1.7	16.6		15.3	336	19	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
21	6	27.2	-0.8	23.2		24.1	336	20	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
22	6	27.2	0.0	22.1		22.5	336	19	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
23	13	24.8	0.0	16.6		16.6	504	19	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
24	10	24.0	1.7	18.5		17.2	432	19	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
25	20	24.0	1.3	13.1		11.8	363	23	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON
26	20	24.4	1.7	13.9		12.5	384	23	100	Operating	Cooling	ON	Cool ON

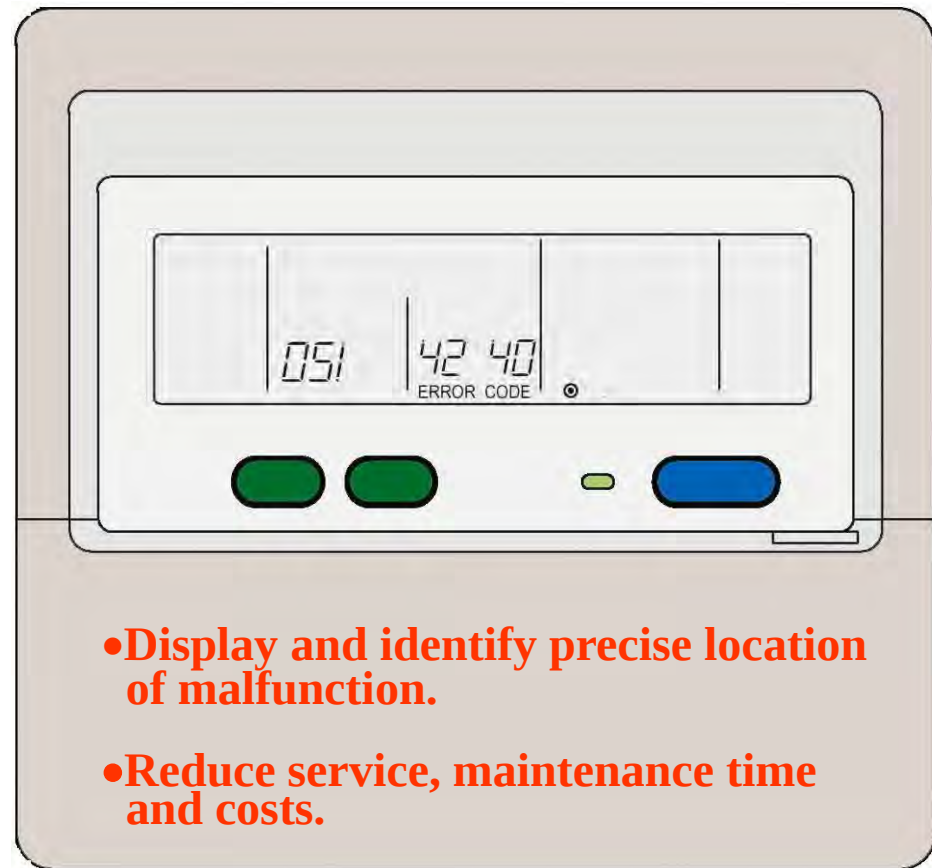
[Return](#)

<

>

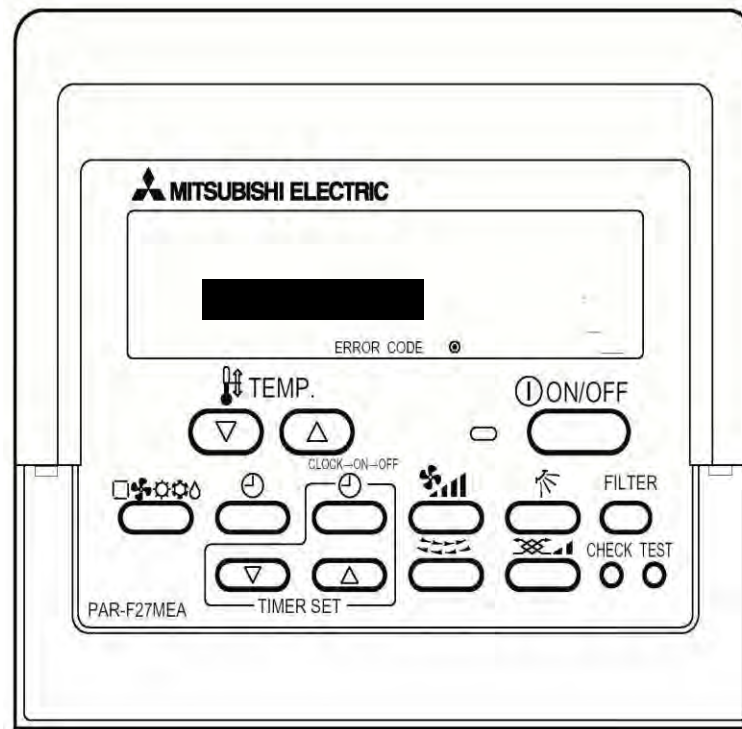
Trouble-Shooting

Easy & Convenient Diagnosis functions



Trouble-Shooting

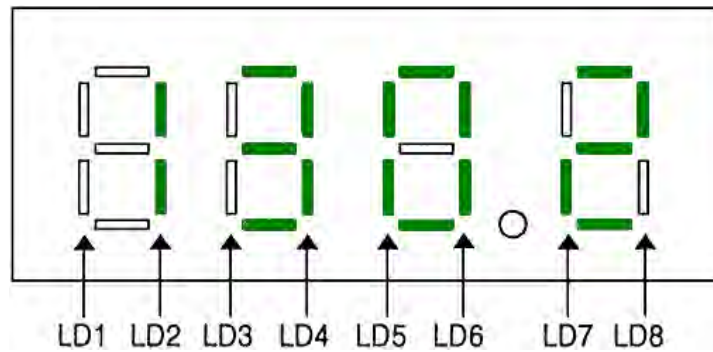
Easy & Convenient Diagnosis functions



Rapid & Straight Forward Trouble Shooting

Trouble-Shooting

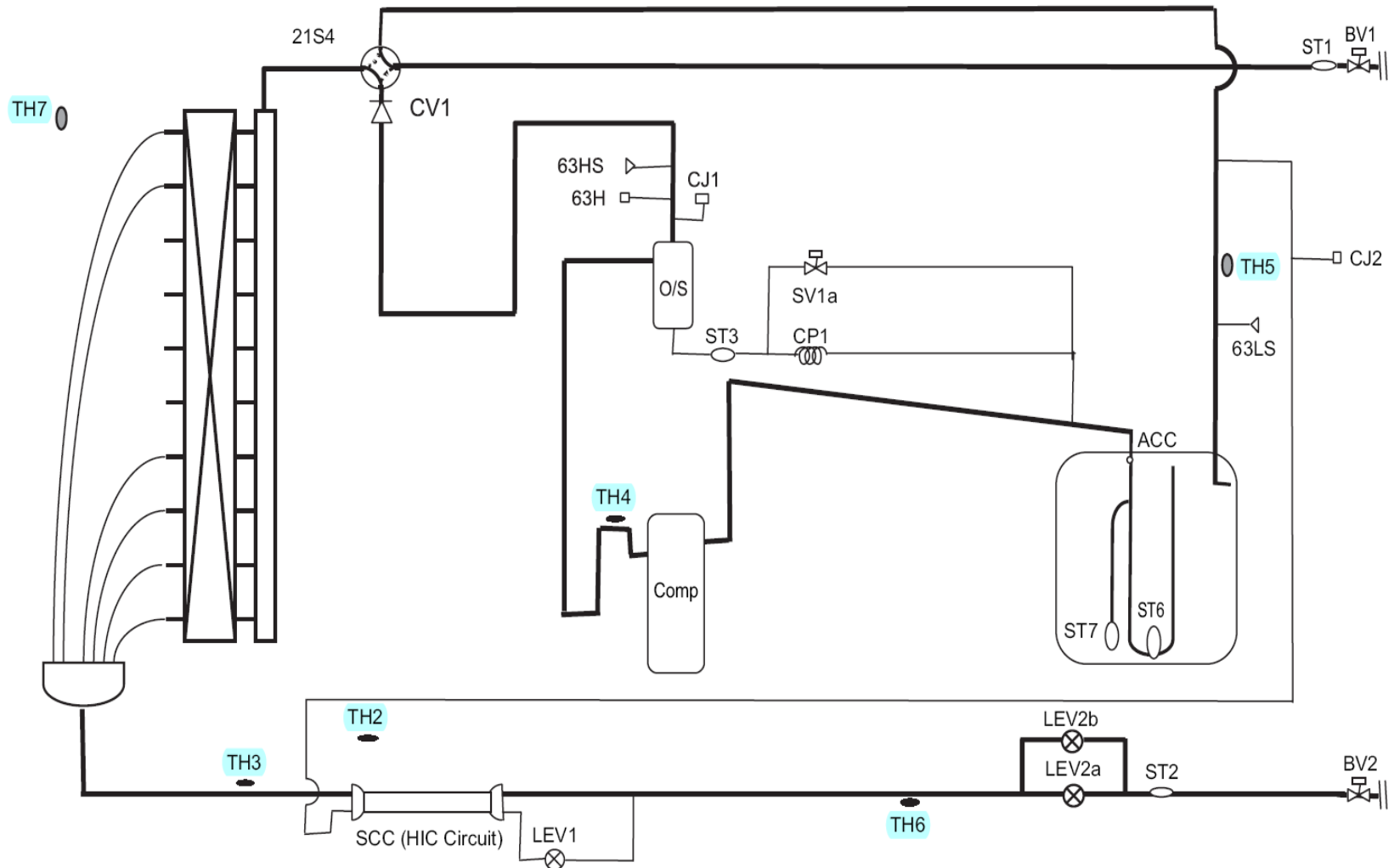
Easy & Convenient Diagnosis functions



Rapid & Straight Forward Trouble Shooting

Trouble-Shooting

Basic Refrigeration Circuit and Locations of Thermistors



BMS Configuration



BMS Management Station

Siemens(Apogee and Desigo)
Johnsons
Honeywell
Invensys (TAC)



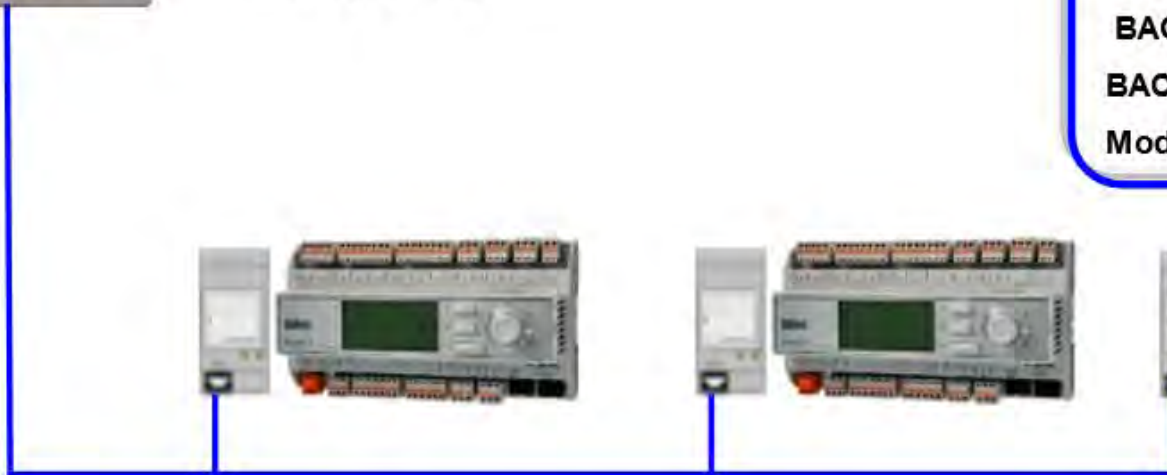
Options:

LonWorks

BACnet/IP

BACnet/MSTP

ModBus RTU



Siemens Controller

MT3006 Programmable Logic controller

MT3006 controllers are designed for ventilation, air conditioning and refrigeration plants. It facilitate commissioning, powerful engineering and service tools are available.

It has two types, MT3006(Inbuilt HMI) and MT3005(No inbuilt HMI)

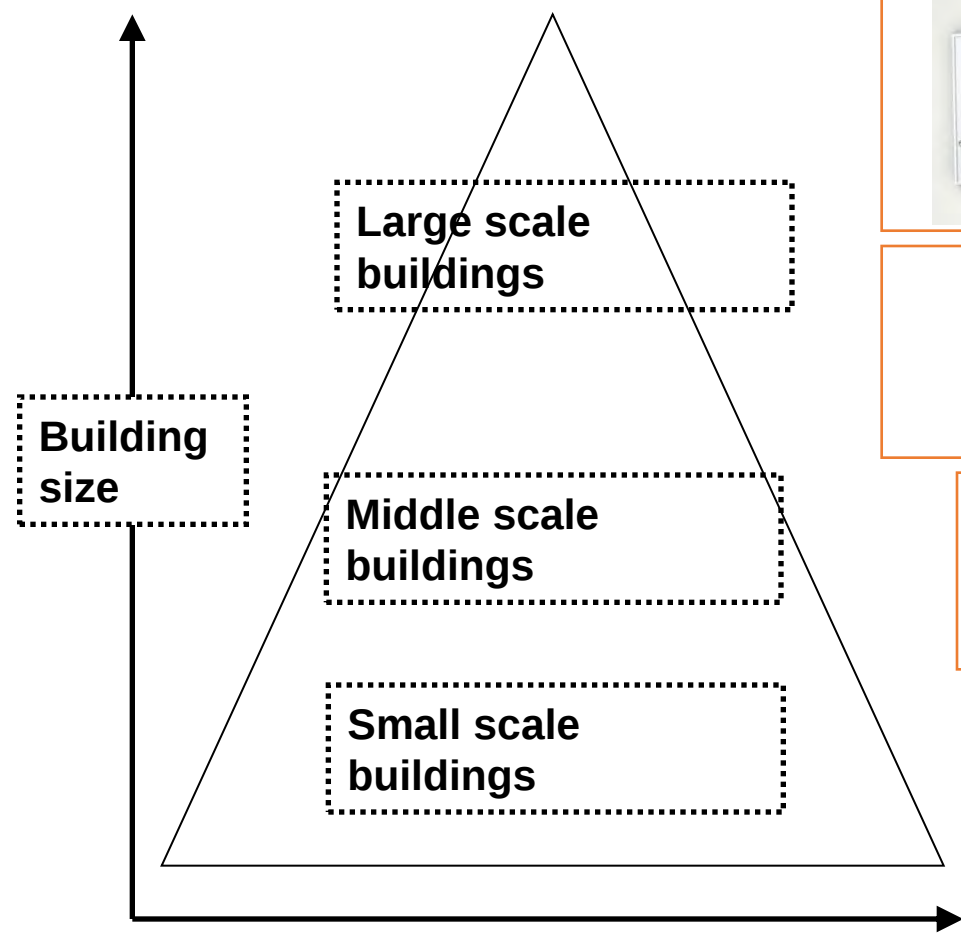


MT3006
Inbuilt HMI (Choose)



MT3005
No Inbuilt HMI

Click to edit Master title style





TG-2000A

Bacnet I/F



AG-150A

AG-150A Web

Centralized control with system controllers



No centralized control



ME/MA

PAR-FL32MA
Wireless RC

PAR-FA32MA

Compact RC

Multi-Language Display

Monitor/Operation | Schedule Settings | Status List | 06/02/2008 03:51AM

Floor | Block | 4 | 7

3F
2F
1F Lobby

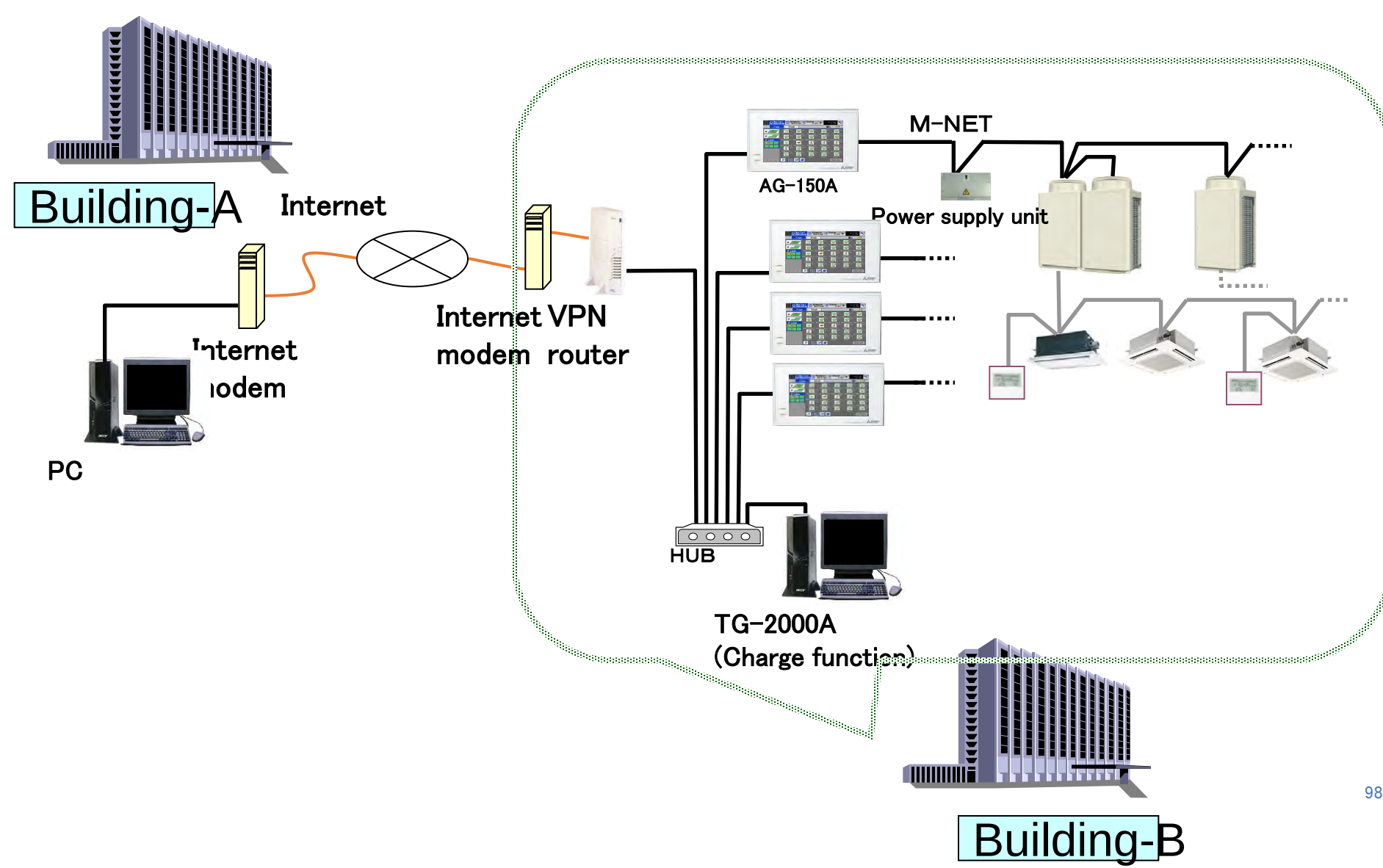
Entrance 27°C | Lobby (South) 26°C | Lobby (East) 28°C | Lobby (North) 27°C | Lobby (West) 28°C
Waiting room 26°C | Meeting room A 27°C | Meeting room B 27°C | Meeting room C 27°C | Meeting room D 27°C
Meeting room E 70°C | Elevator hall 70°C | Tenant 1F-A 70°C
Tenant 1F-D 70°C | Tenant 1F-E 27°C | Tenant 1F-F 27°C
Tenant A 27°C | Tenant B 27°C | Tenant C 27°C

Navigation icons: Zoom, Previous, Next, Refresh

Deutsch | **English** | Español | Français | Italiano | Português | Русский | 中文 | 日本語

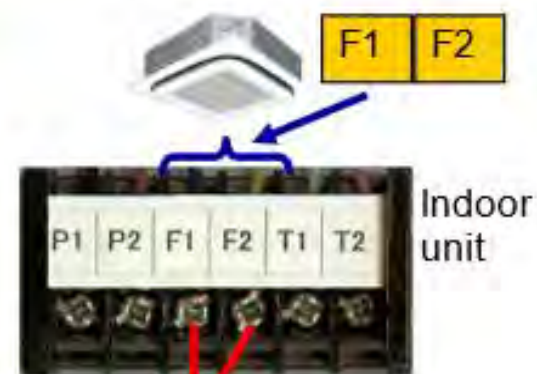
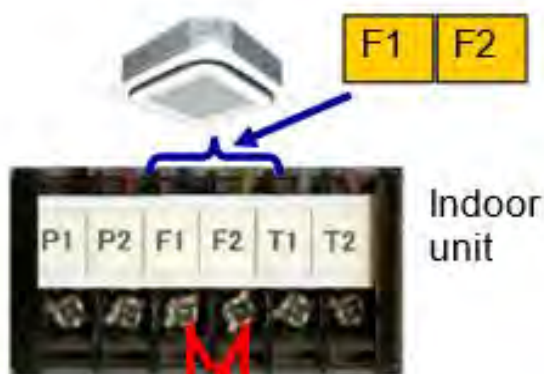
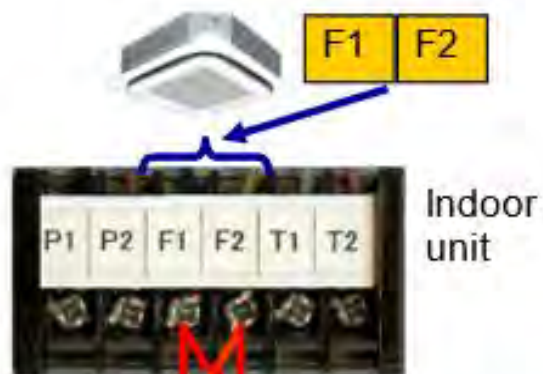
OK | Cancel

Remote monitoring

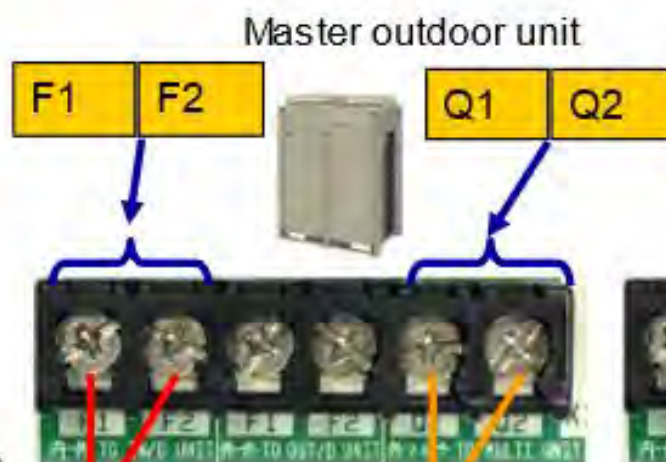


Control wiring work

Single system



Up to two wires can be inserted into a terminal block.



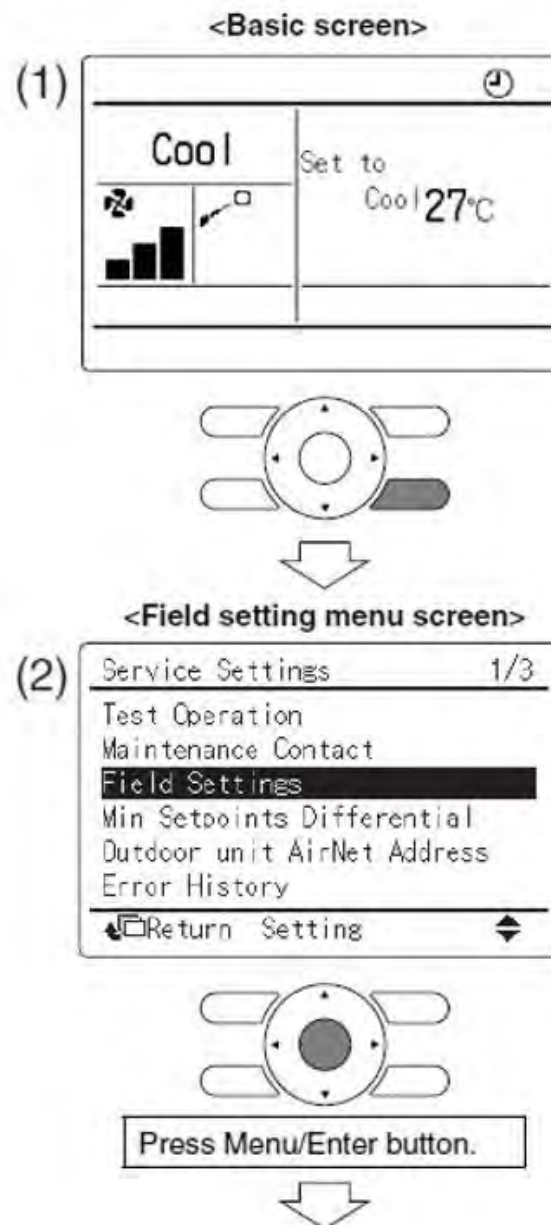
Always use non-polar 2-core wire for the control wiring.

Field Settings from Remote Controller

1.2.2 BRC1E62



- 1 Press and hold Cancel button for 4 seconds or more.
Field setting menu is displayed.
- 2 Select **Field setting** in the field setting menu, and press Menu/Enter button.
Field setting list screen is displayed.



Nagoya Lucent Tower

Nagoya, Japan

40 stories

115,200 m² (1,240,000 ft²)

Application

Office/Shopping

Clinic/Restaurant

City Multi

<Outdoor units>

**R2 : 367 units
(simultaneous)**

Y : 40 units (choice of h/c)

PUY : 9 units (cooling only)

WR2 : 15 units

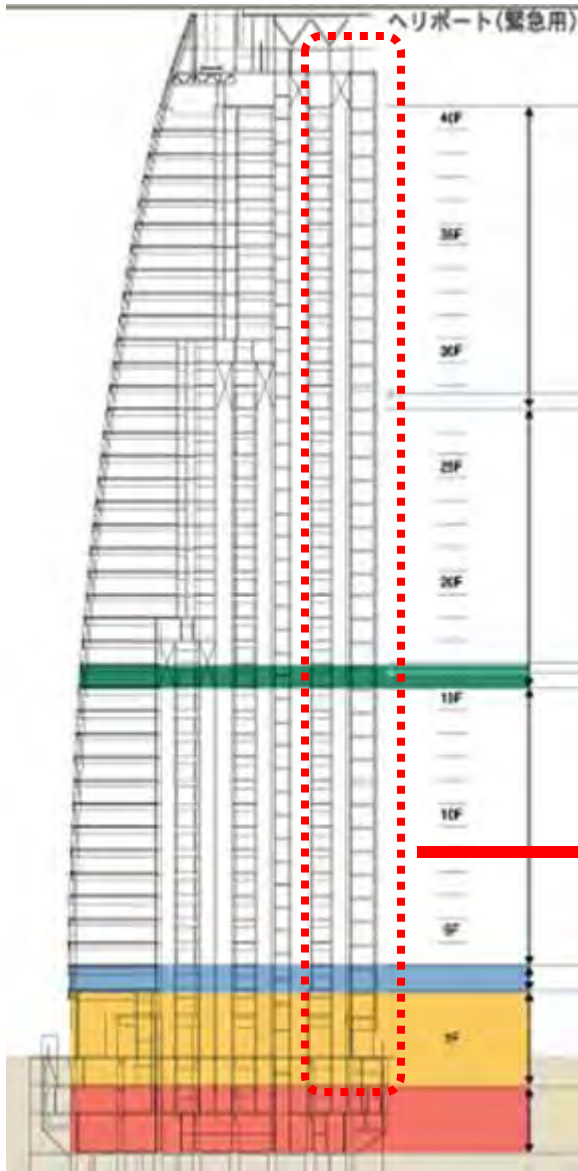
WY : 10 units

<Indoor units>

Cassette : 30 units



Nagoya Lucent Tower



Outdoor Units

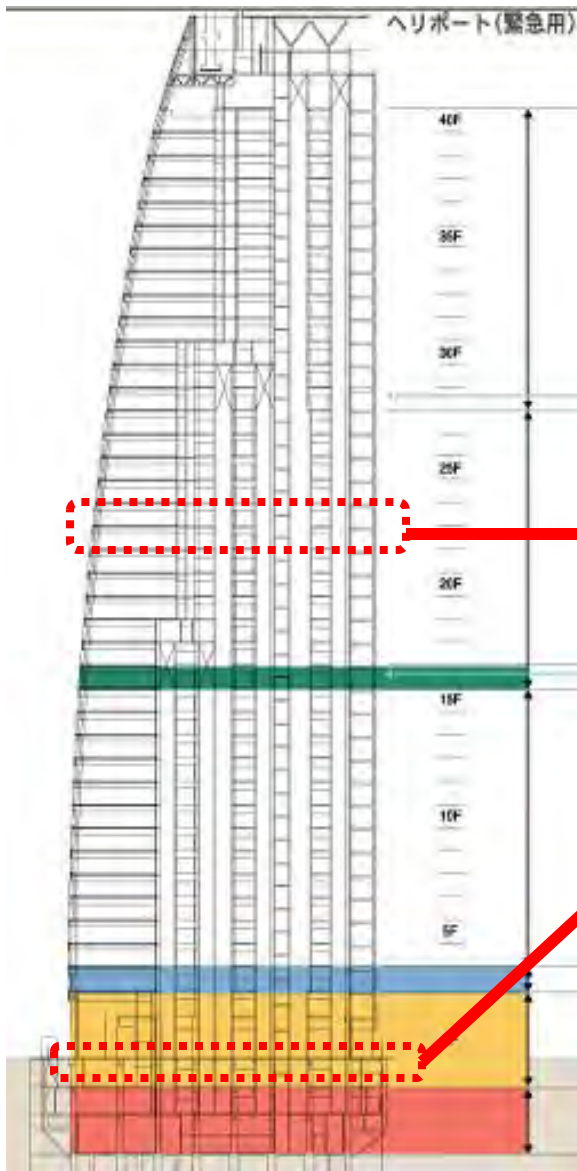


exhaust air duct

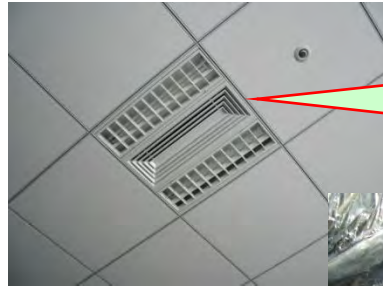
Outdoor
Units are
Installed
on every
floor.



Nagoya Lucent Tower



Indoor Units



2 × 2
ceiling



Control



Connect to
BACnet



Jiang Su Building, Shenzhen, China

RCN00001



Project summary

Completion: 2000

Number of floor: 53F

Floor area: 90,000m²

A/C area: 60,000m²

Equipment

Air-conditioner: VRV x 1,170HP

VRV-K x 2

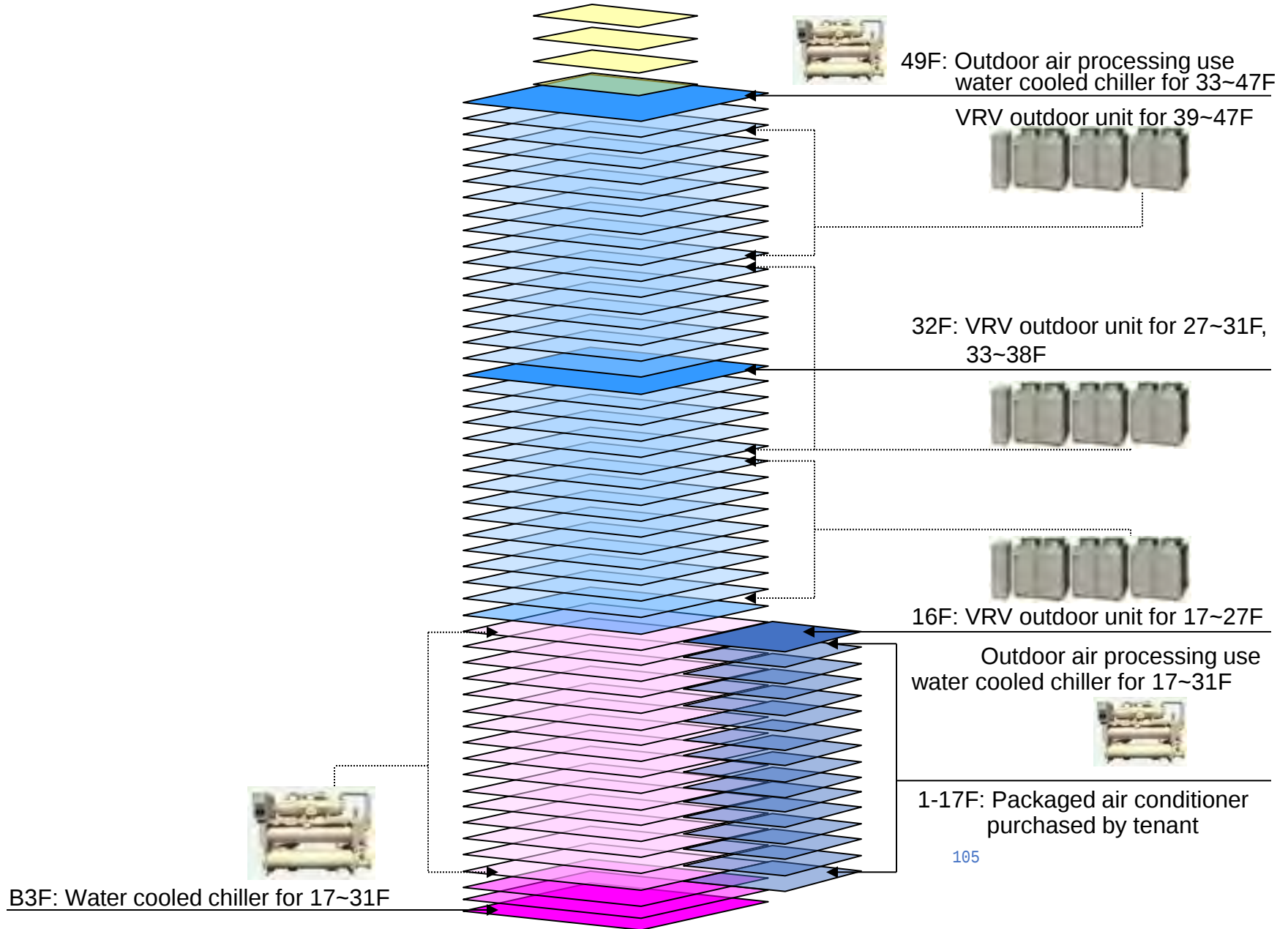
VRV Plus x 115

Water cooled chiller x
1,740HP

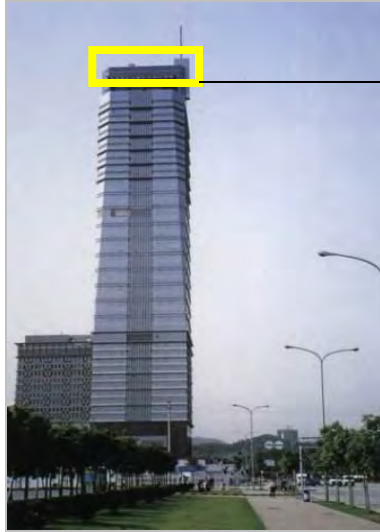
CUW120B5Y x 5

CUW380B5Y x 3

1. Air-conditioning summary



2. *VRV* outdoor unit location 1



Outdoor unit for Observatory & Hotel restaurant (56F)

Water spray energy saving equipment "Sky Ene-cut" is equipped to enhance the cooling effect.



4. Piping Design, Pipe Weight and Pipe size

Reliable components

Compressor

- ◆ Newest high efficiency (full and part load) McQuay Single Screw compressor
- ◆ Partial load COP was 25% higher than common screw compressor
- ◆ Single compressor system capacity from 5% ~ 100% stepless adjustment



Frame 4AS



Condenser

- ◆ New condenser side design (increases the face area and heat exchange rate)
- ◆ Seamless copper tube dislocation arrangement
- ◆ New economizer cycle design , enhancing the sub-cooling degree ,more high performance and efficiency



Evaporator

- ◆ New high efficiency counter flow shell & tube dry-expansion single pass evaporator
- ◆ Efficient internal thread the heat exchange tubes
- ◆ Anti-freezing
- ◆ Safe and reliable, easy to clean, long service life

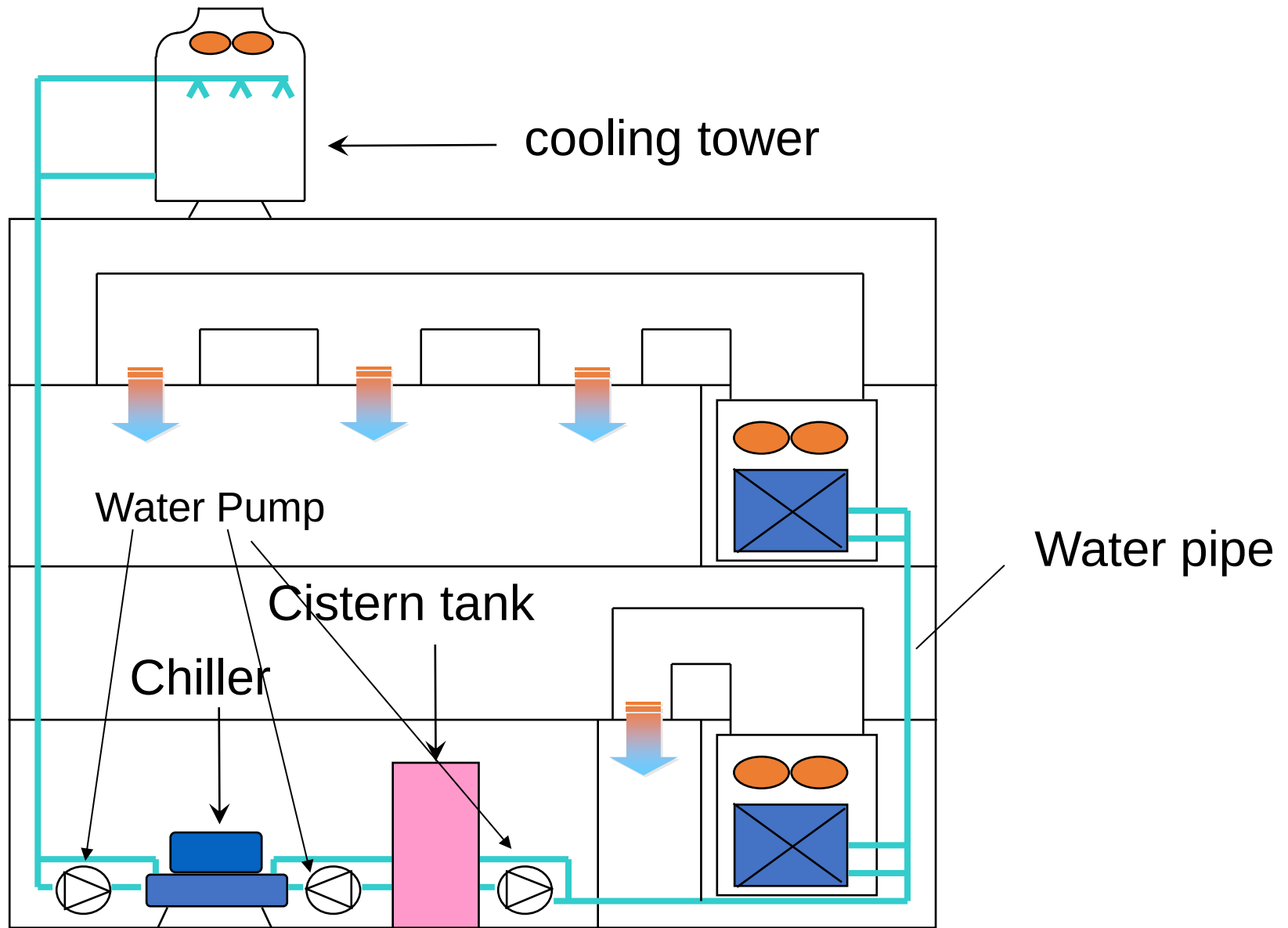


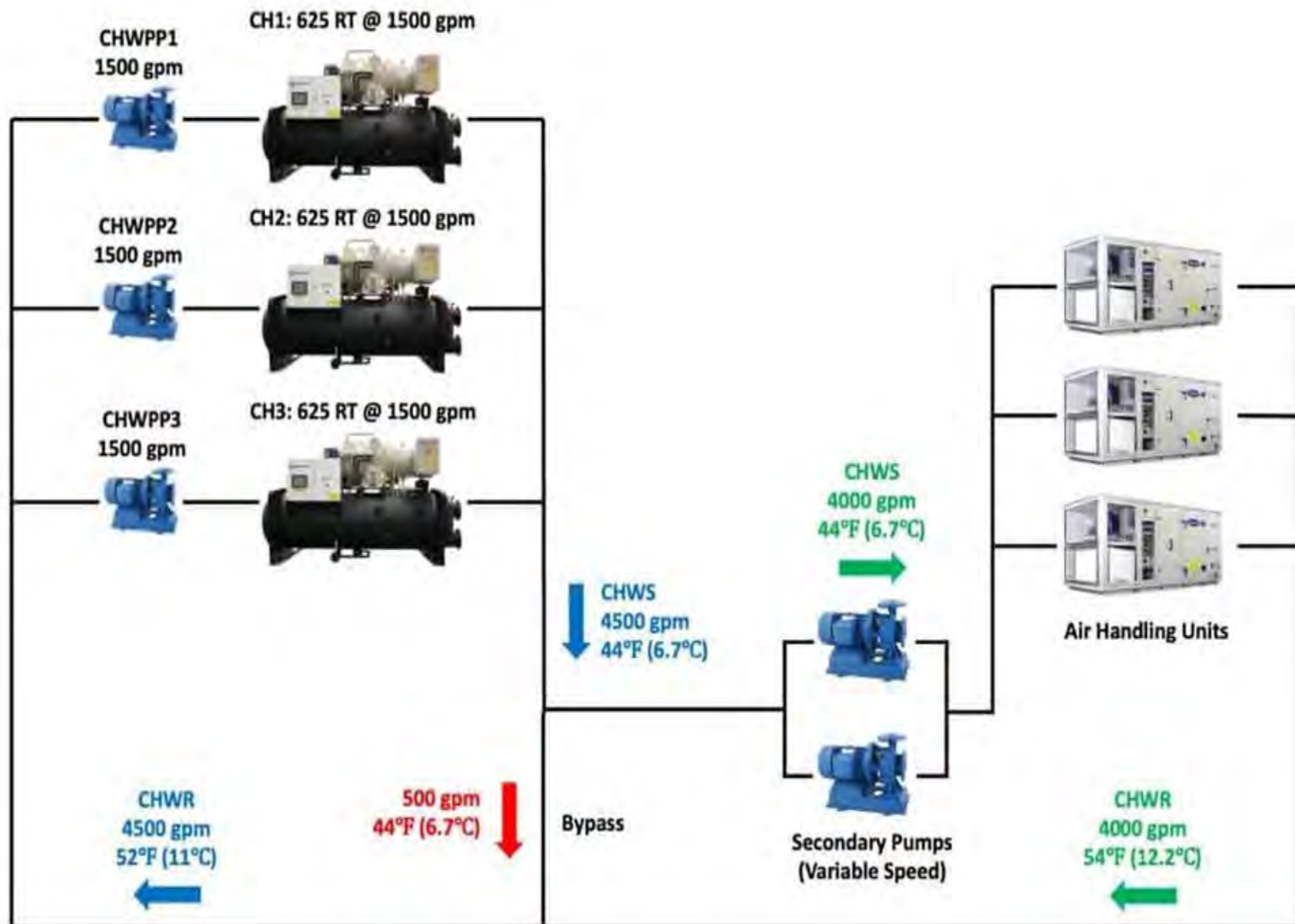
EXV

- ◆ Accurate control the refrigerant flow
- ◆ Adjust the level as high as 3810 steps
- ◆ Precise condensing pressure adjustment



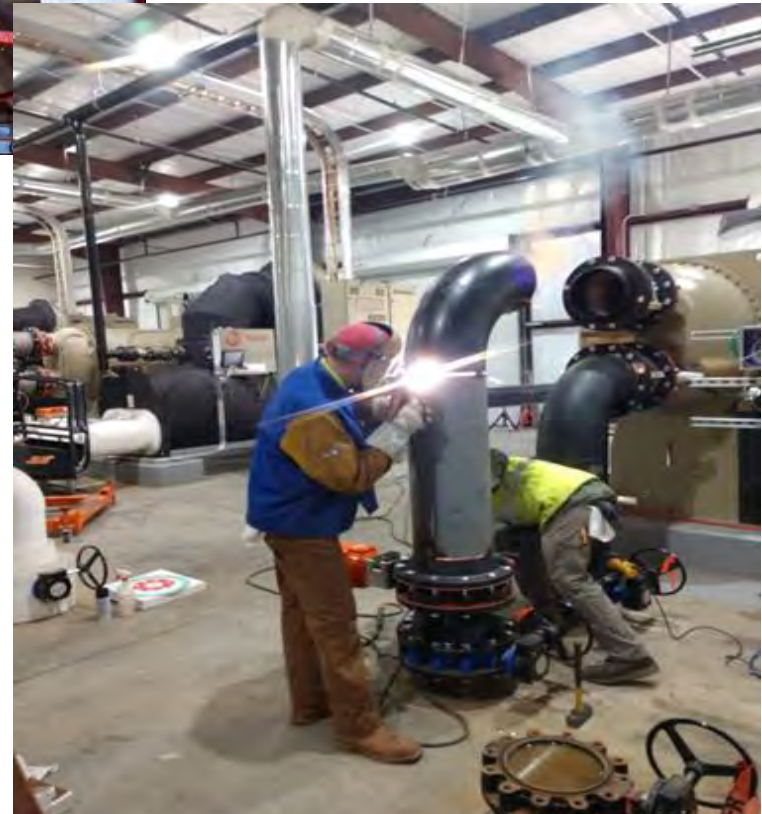
Example of Water cooled chiller system



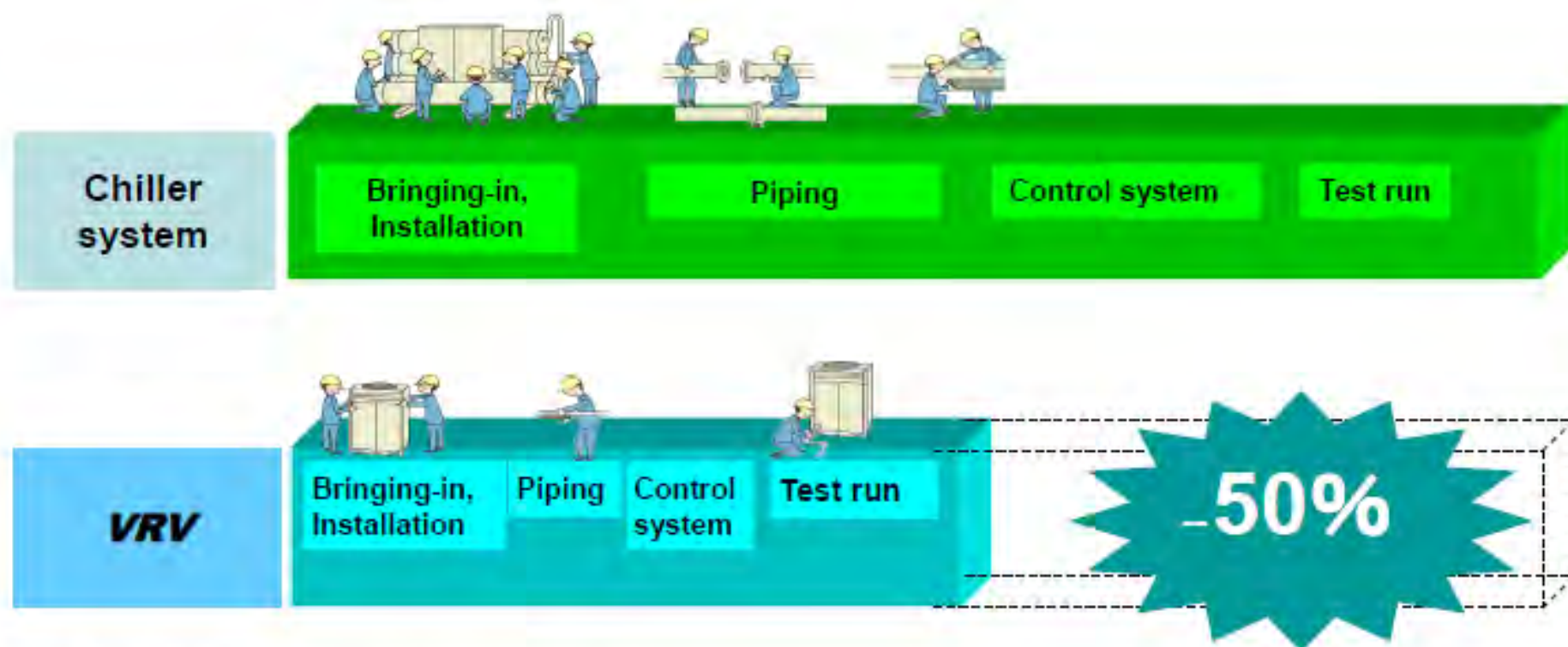




Chiller piping Welding Work



■ VRV vs Air cooled chiller system



<Condition>

Application of the building:

Office

Total floor area:

8,000m²

Number of people for installation:

5 persons/day

Central system:

100HP air cooled chiller x 4 + 250kW boiler
+ Ceiling mounted cassette type FCUs

VRV system:

44HP outdoor unit x 10
+ Ceiling mounted cassette type indoor units



Chiller Plant Room



Compressor

Unit Control Panel

Rigging Location

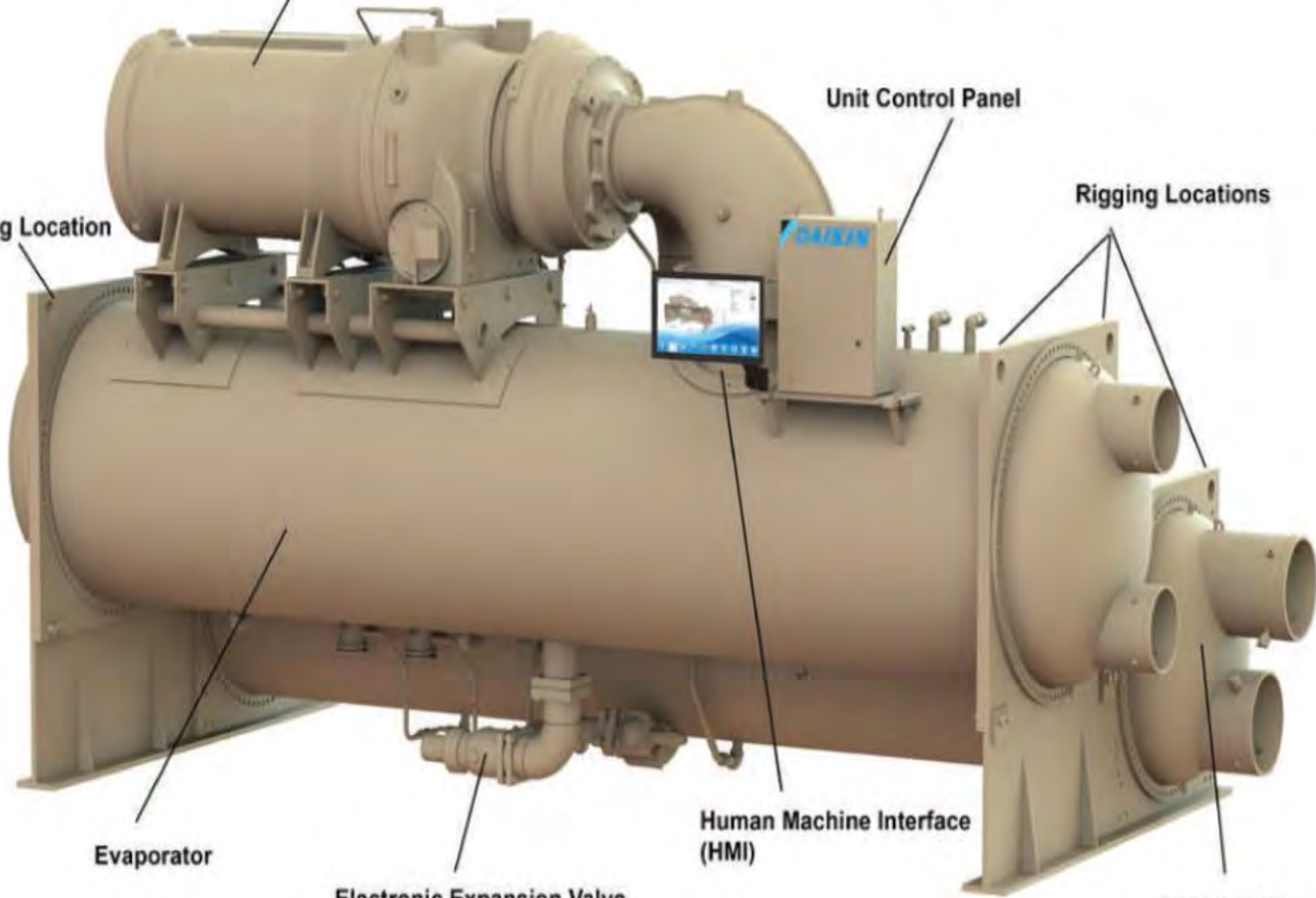
Rigging Locations

Evaporator

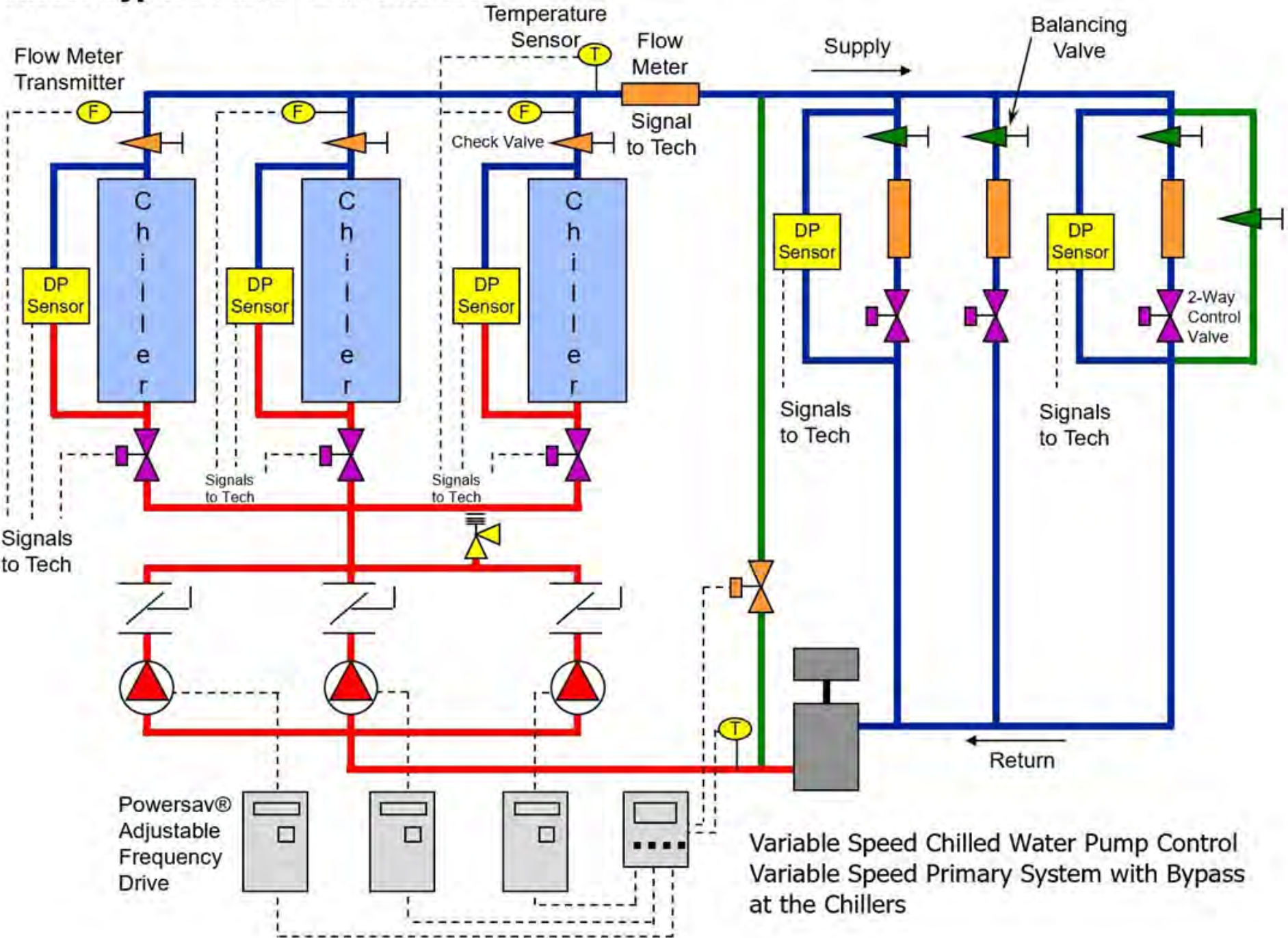
**Electronic Expansion Valve
(EXV)**

**Human Machine Interface
(HMI)**

Condenser



Chiller Bypass Valve Near Chillers

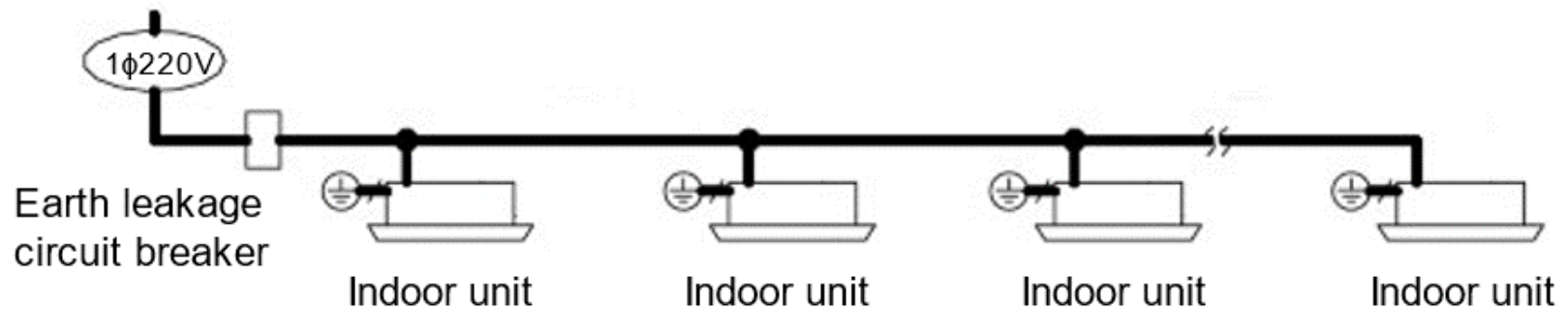


8. Power Supply and Control system

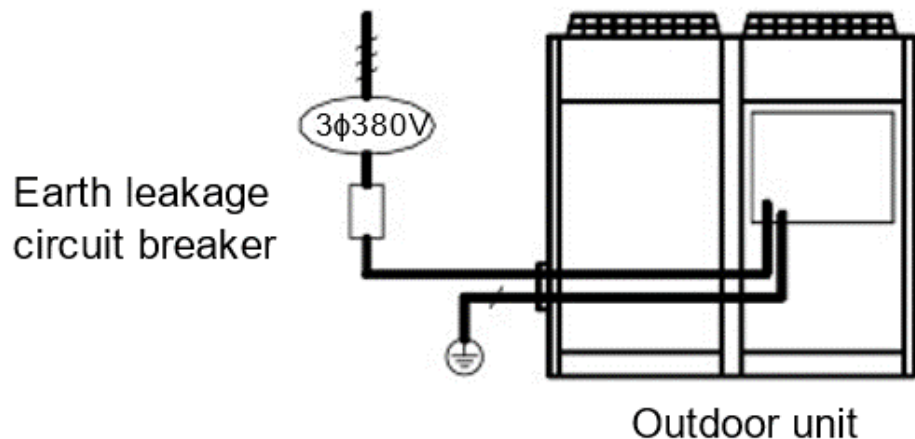
Electric wiring work

1. Example of electric wiring work for power supply

Power supply



Power supply

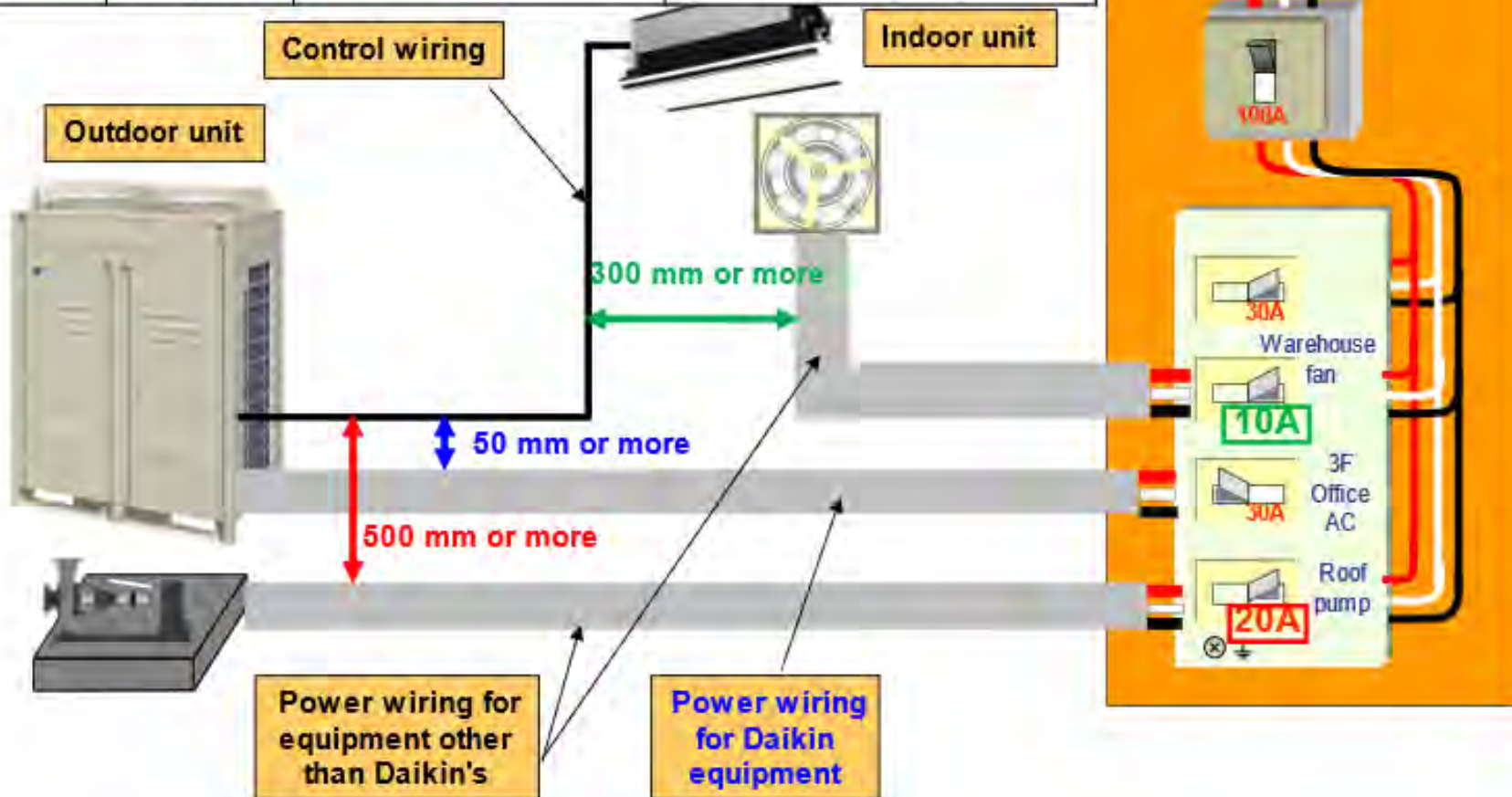


1. Conduct the electric wiring work correctly according to the law of your own country.
2. Don't share the power supply circuit.
3. Work after intercepting a power supply.
4. Conduct the ground wiring work.

Control wiring work

Distance from power wiring

Power wiring capacity		Distance between power and control wiring for Daikin air conditioners	Distance between power wiring for other equipment and control wiring for Daikin air conditioners
220V or more	10A or less	50 mm or more	300 mm or more
	50A		500 mm or more
	100A		1,000 mm or more
	100A or more		1,500 mm or more



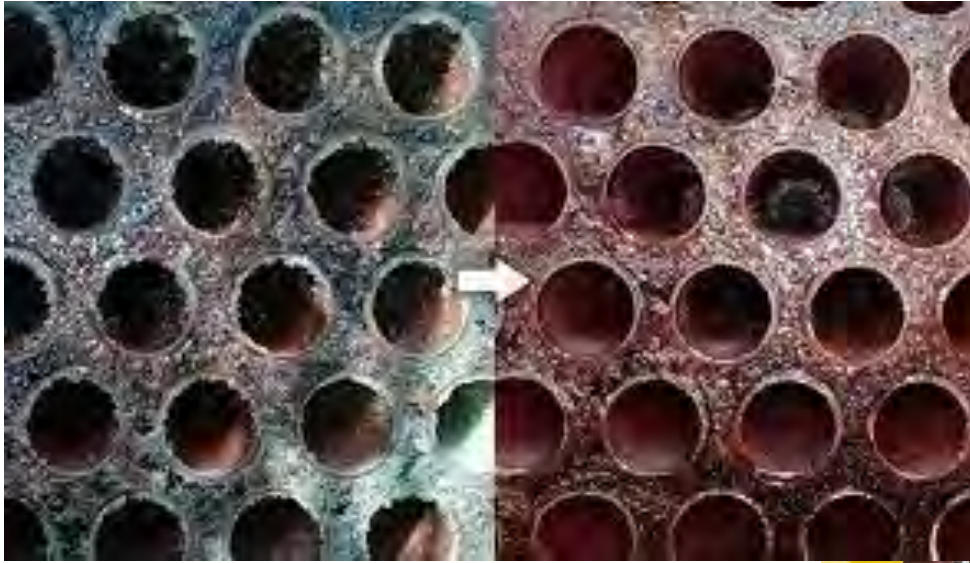


12.Service and Maintenance

VRV CU and Maintenance space



Condenser Tube Cleaning Work



Changing of Filter Drier

1. When the chiller is completely stop

- a) Ensure EXV are both in zero opening position.
- b) Shut off Condenser refrigerant outlet stop valve.
- c) Check & release (if any) the pressure of the filter drier before opening.



Periodic Inspection Instructions

Changing of Filter Drier



2. Open up the Filter Drier Cover



3. Remove Filter Drier from holder

Periodic Inspection Instructions

Changing of Filter Drier



4. Lift up the Filter Drier Can



5. Replace Filter Drier from holder

Periodic Inspection Instructions

Changing of Filter Drier

6. Put back the new filter drier in position
7. Tighten back the cover

Connect a vacuum pump to the service port

- a) If not leak
- b) Open back refrigerant stop valve
- c) Ready to run



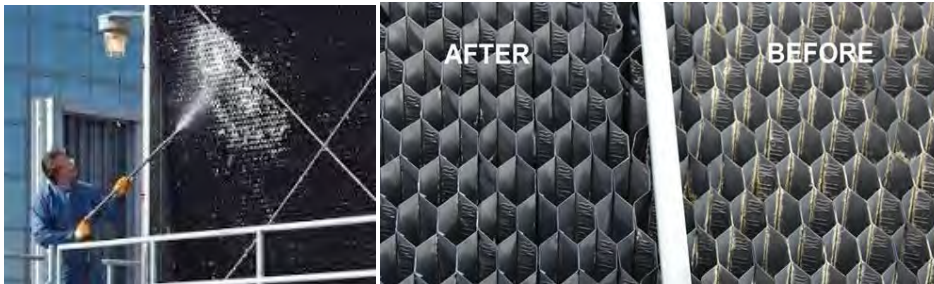
Cooling Tower Evaporation rate and Water losses



Cooling Tower Regular Service



Cooling Tower Fills Blocked and Damages will reduce the Tower Efficiency and Effectiveness, need regular maintenance and service



Fillers များကို ပုံမှန်ဆေးကြောပါ။ လိုအပ်ပါက အသစ်လဲလှယ်ပါ။

Offices

NHK (Japanese Broadcasting Corporation) **Nagoya Broadcasting Center Building**

Completion 1991

Nagoya, Japan

21 stories

80,245 m² (864
ft²)

Application

Office

<Outdoor units>

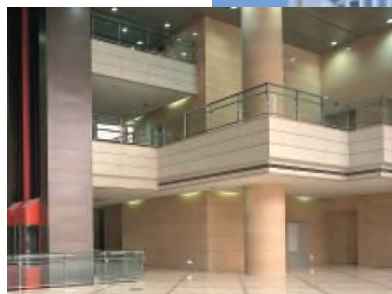
Y: 255 units (choice of h/c)

<Indoor units>

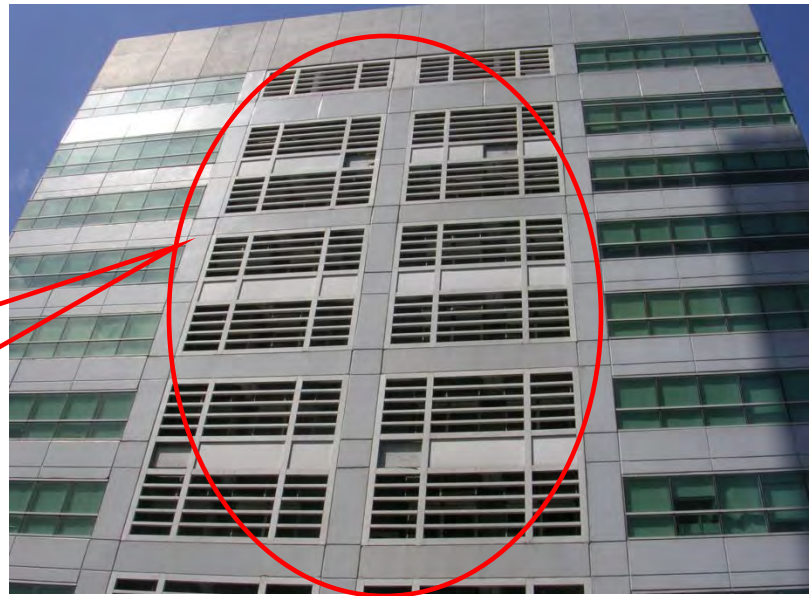
Mainly ceiling concealed : 455 units
and Lossnay : 99 units

<Control>

KB-300, KJ-300 with measurement
system



> Situated in Manila
> Office Building
27 Floors
168 O/U CITY MULTI Y
1049 I/U Duct type



Outdoor units are installed at each story

Manila-

Torre Agbar

Barcelona, Spain

35 stories (142m high, 466ft)

30,000 m² (322,900ft²)

Application

Office (Corporate office)

City Multi

<Outdoor units>

R2 : 100 units (simultaneous)

Y : 4 units (choice of h/c)

<Indoor units>

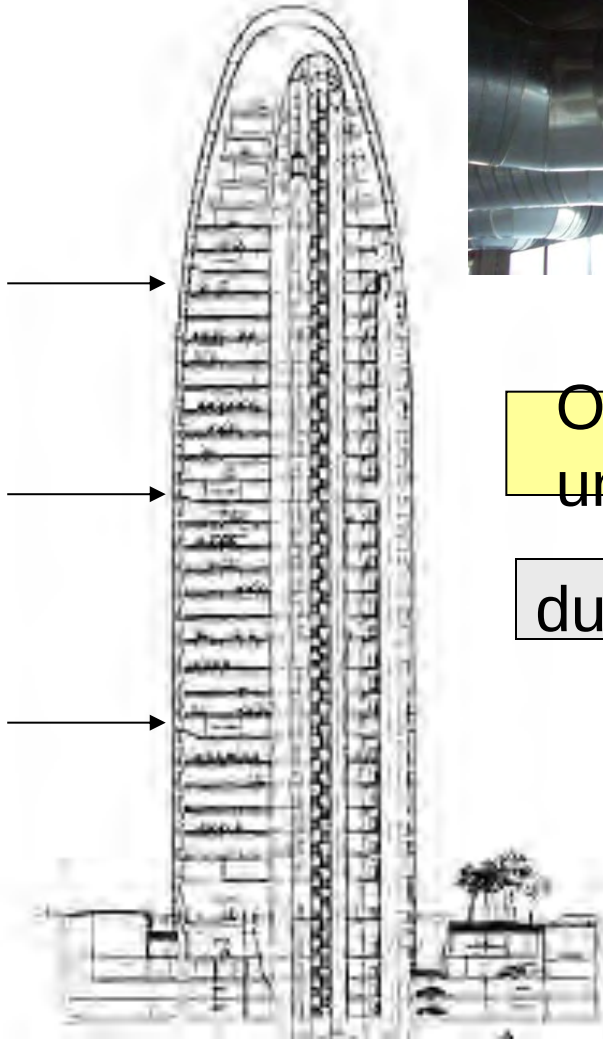
**mainly Ceiling Concealed : total
828 units**

<Controls>

**Total
1000HP=827 Rt G-2000, PLC**



Torre Agbar

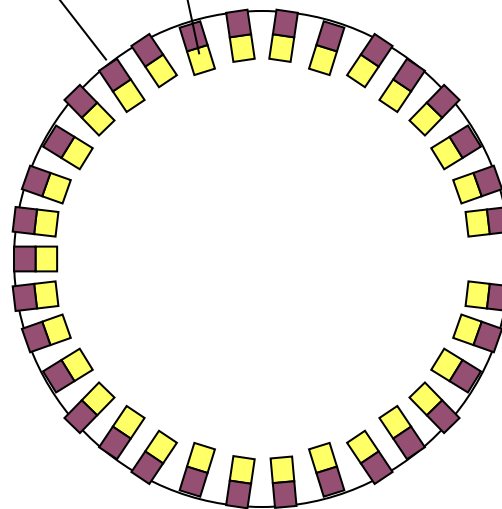


3 technical floors



Outdoor unit

duct



Hotels

Daiwa Roynet Hotel

Wakayama, Japan

20 stories

24,276 m² (261,300ft²)

Application

Hotel, Conference room

(Hotel is located in 5-20th floors)

City Multi

<Outdoor units>

R2 : 1 unit

Y : 32 units

PUMY : 1 unit

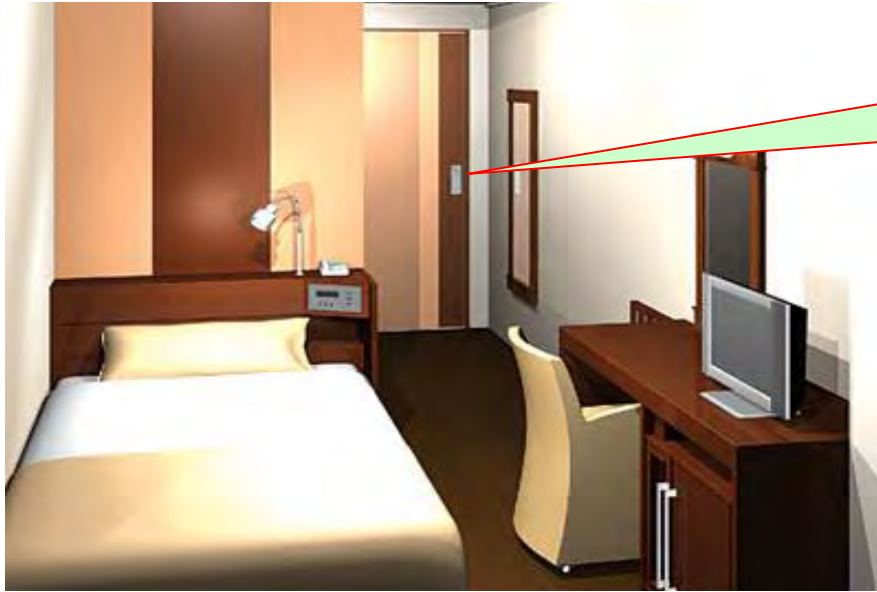
<Indoor units>

Ceiling Concealed : 223 units

Others : 38 units



Daiwa Roynet Hotel



Can be operated in conjunction with card key entry in the room.

Prevent to forget to turn off



Low Noise Ceiling Concealed



Les Fleurs Boutique Hotel

Sofia, Bulgaria

8 stories

31 rooms

Application

Hotel
City Multi

<Outdoor units>

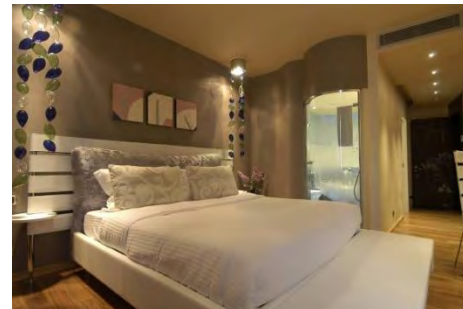
R2 : 5 units (simultaneous)

PUHZ : 4 units (choice of
h/c)

<Indoor units>

Ceiling Concealed : 43 units

Lossnay : 6 units



Solar Power and Modern Data Center

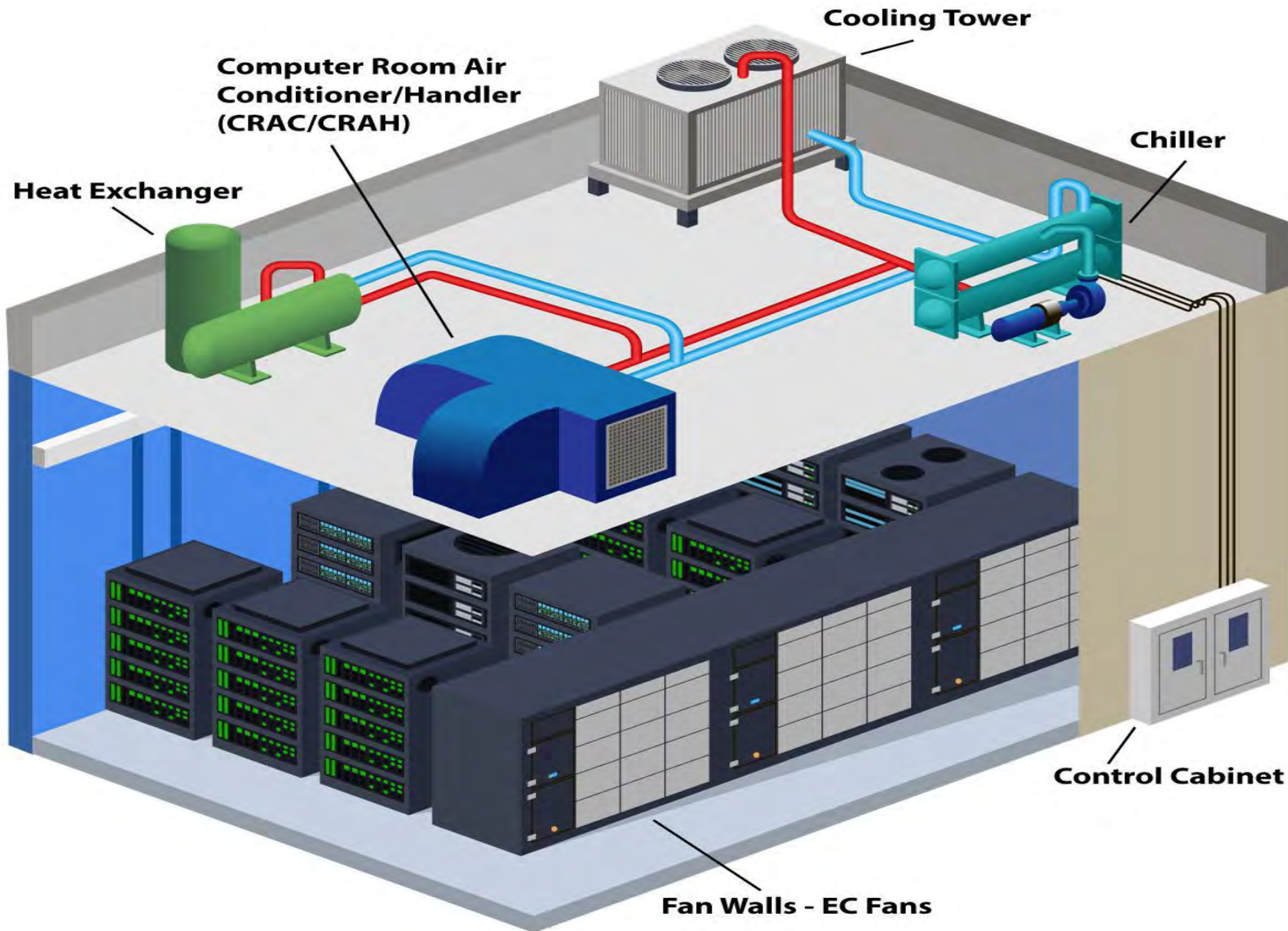


**Computer Room Air
Conditioner/Handler
(CRAC/CRAH)**

Cooling Tower

Chiller

Heat Exchanger



Control Cabinet

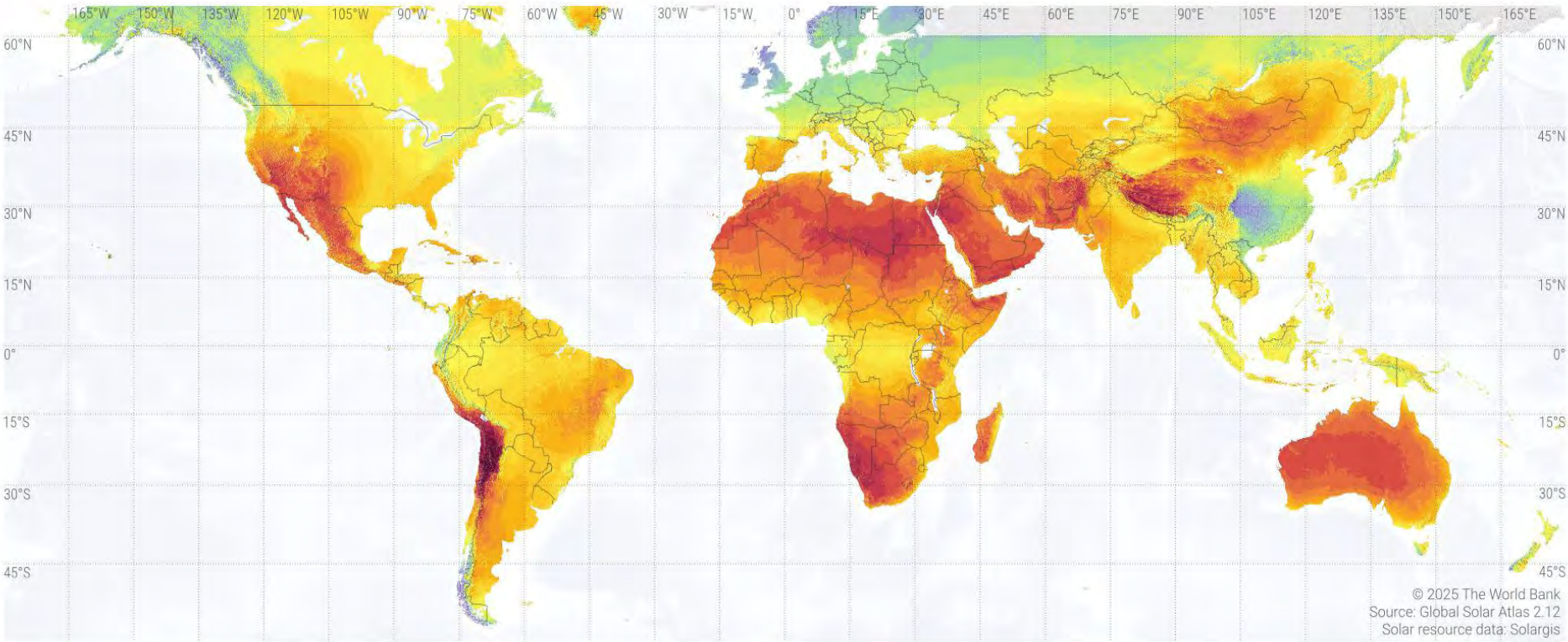
Fan Walls - EC Fans

SOLAR RESOURCE MAP

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL

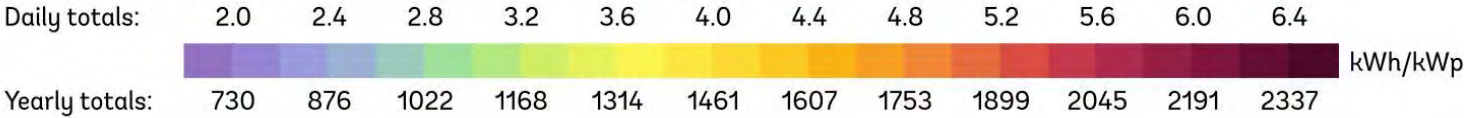


WORLD BANK GROUP



© 2025 The World Bank
Source: Global Solar Atlas 2.12
Solar resource data: Solargis

Long-term average of photovoltaic power potential (PVOUT)



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

IN South Asia / Southeast Asia

- India
- Pakistan
- Bangladesh
- Myanmar MM
- Thailand
- Cambodia
- Vietnam
- Laos
- Philippines
- Malaysia
- Indonesia

သို့သော် ဒီနိုင်ငံအားလုံးမှာ နေရာတိုင်း Solar potential တူညီတာ မဟုတ်ပါ။

ဥပမာ Myanmar မှာ အလယ်ပိုင်းခြောက်သွေ့နွေက Yangon/Delta ထက် Solar irradiation ပိုမြင့်နိုင်ပါတယ်။ World Bank/Global Solar Atlas data မှာ Myanmar အတွက် GHI, DNI, GTI, PVOUT စတဲ့ spatial data တွေကို အသေးစိတ်ရရှိနိုင်ပါတယ်

MM Myanmar အတွက် အထူးသဖြင့်

Myanmar က **Solar Belt** ထဲမှာ တကယ်တမ်း အားကောင်းတဲ့ နေရာတစ်ခု ဖြစ်ပါတယ်။

သို့သော် **Yangon** ကို **6 PSH/day** တစ်နှစ်လုံး လို့ သတ်မှတ်ပြီး Solar PV system design လုပ်တာ မသင့်တော်ပါ။

PV design မှာတော့—

Location → GHI/GTI → Month-by-month irradiation → Temperature → Rain/cloud → Panel orientation/tilt → System losses → PVOOUT

အဆင့်လိုက်တွက်သင့်ပါတယ်။

Global Solar Atlas က Solar resource ကို **GHI, DNI, GTI** နဲ့ PV production potential ကို **PVOOUT (kWh/kWp)** အဖြစ်ပေးထားပြီး solar resource data resolution က ~250 m အထိ ရှိပါတယ်။

 **သင့် Solar + BESS + Data Center စနစ်အတွက်**

ဒီအချက်က အထူးအရေးကြီးပါတယ်။

6 PSH/day ရတယ် ဆိုပြီး

$1 \text{ MW PV} \times 6 \text{ h} = 6 \text{ MWh/day}$

လို့ တန်းတွက်လို့ မရပါ။

တကယ်ဆို—

PV Energy = PV Capacity × PSH × Temperature/Soiling/Mismatch/Wiring/Inverter losses
ဖြစ်ပါတယ်။

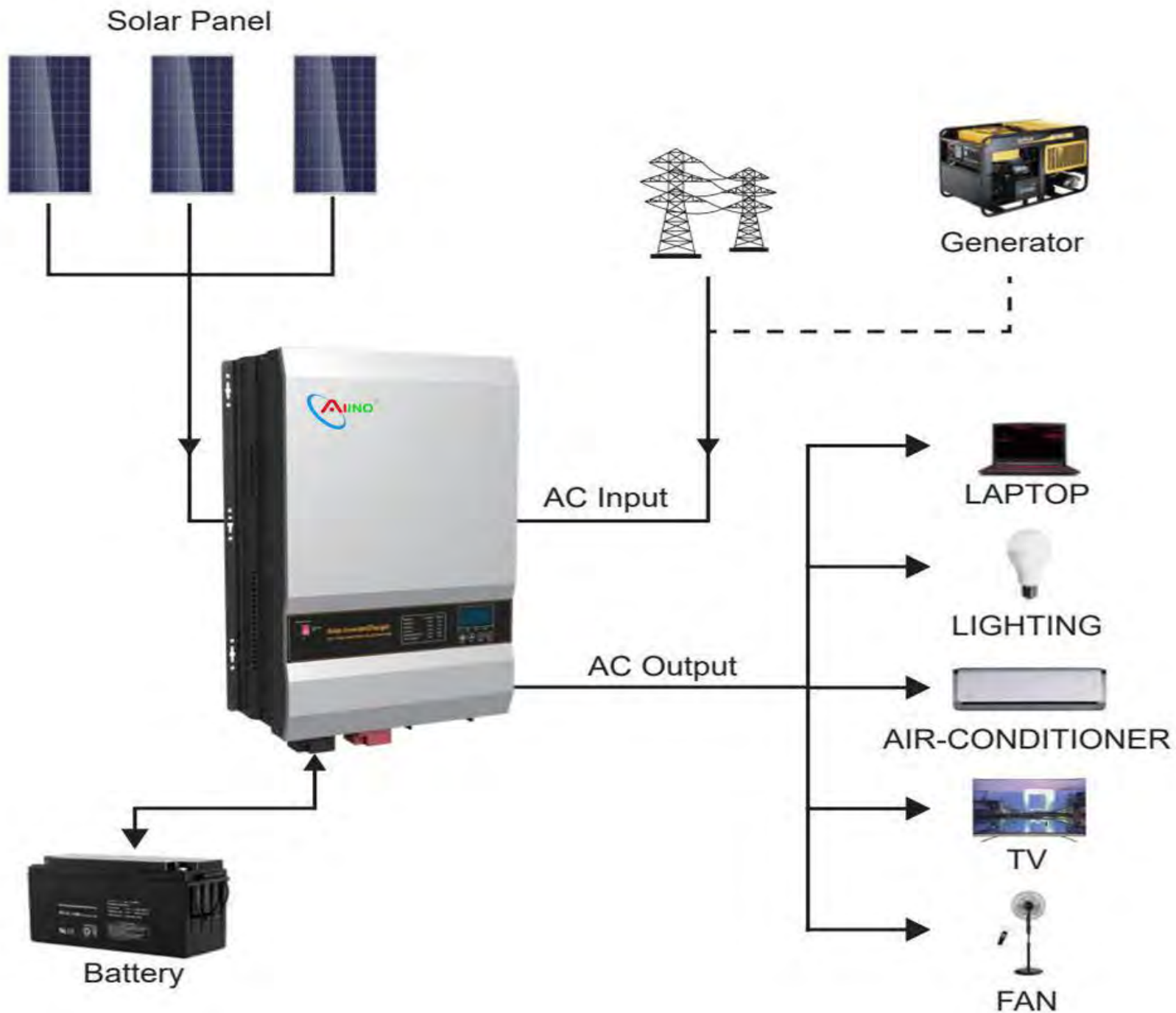
ဥပမာ 1 MWp PV ကို **5.5 PSH** နဲ့ system performance ratio **80%** ယူမယ်ဆိုရင်—

$1,000 \text{ kW} \times 5.5 \text{ h} \times 0.80$

$\approx 4,400 \text{ kWh/day} = 4.4 \text{ MWh/day}$

လောက်ပဲ usable AC energy ရနိုင်ပါတယ်။

ဒါကြောင့် **Solar Belt ရှိခြင်း = 6 နာရီအမြဲတမ်း အပြည့်ထုတ်နိုင်ခြင်း** မဟုတ်ဘဲ **နှစ်စဉ် Solar irradiation ကောင်းမွန်ခြင်း** လို့ နားလည်တာ ပိုမှန်ပါတယ်။



Recommended System အကြံပြု Configuration

- AC = **1.5 HP Inverter Split AC**
- Hybrid Inverter = **6 kW, 48 V**
- Solar PV = **4.5–6.0 kWp**
- Panel = ဥပမာ **550 W × 10 panels = 5.5 kWp**

- Battery = **48 V LiFePO₄, 100–200 Ah**
- Grid = Backup အဖြစ်
- Daytime mode = **Solar → AC Load**
- Solar မလုံလောက်လျှင် = **Solar + Battery / Grid**
- Nighttime = Battery + Grid (လိုအပ်လျှင်)

6 kW inverter က AC တစ်လုံးတည်းအတွက် အလွန်လုံလောက်ပြီး **AC + Refrigerator + TV + Lights + Fans + Computer** စတဲ့ အိမ်သုံး load တွေကိုပါ တစ်ပြိုင်တည်း ထည့်စဉ်းစားနိုင်ပါတယ်။ Inverter ကိုရွေးရာမှာ running load အပြင် compressor starting/surge capacity ကိုလည်း စစ်ရပါတယ်။

ဒီကိစ္စကို **1.5 HP Inverter AC** ၊ လုံးကို ညဘက် ၆ နာရီ ဆက်တိုက်မောင်းမယ် ဆိုတဲ့အခြေအနေအတွက် တွက်ကြည့်ရအောင်။

Battery Capacity

သင်ပြောတဲ့ Battery ကို **51.2 V, 200 Ah LiFePO₄** လို့ယူဆပါမယ်။

Battery တစ်လုံးရဲ့ Nominal Energy—

$$51.2 \text{ V} \times 200 \text{ Ah} = 10.24 \text{ kWh}$$

ဒါပေမယ့် Battery ကို 100% အကုန်မသုံးဘဲ **80% DoD** သုံးပြီး Inverter efficiency ~90% ထည့်တွက်ရင်—

$$10.24 \times 0.80 \times 0.90 \approx 7.37 \text{ kWh usable}$$

ဒါကြောင့် Battery တစ်လုံးက လက်တွေ့အသုံးချနိုင်တာ $\approx$ **7.4 kWh** လောက် ဖြစ်ပါတယ်။

နေပြည်တော် Residential House အတွက် သင်ပေးထားတဲ့ Load ကို အခြေခံပြီး Preliminary Engineering Sizing တွက်ပေးပါမယ်။ အဓိကက **နေ့ဘက် PV ကနေ Load ကို တိုက်ရိုက်ကျွေးပြီး၊ ညဘက် 4 နာရီကို LiFePO₄ Battery နဲ့ Backup** လုပ်မယ့် Hybrid System ဖြစ်ပါတယ်။

1. Load ကို အရင်ခန့်မှန်းမယ်
AC တွေရဲ့ compressor က inverter type ဖြစ်လို့ actual consumption က cooling demand အလိုက် တက်/ကျပါမယ်။ အထက်ပါဟာ **conservative preliminary design** အနေနဲ့ယူထားတာပါ။

Load	Qty	ခန့်မှန်း Power	Total
Inverter AC 1 HP	2	~0.8 kW	~1.6 kW
Inverter AC 1.5 HP	2	~1.2 kW	~2.4 kW
Refrigerator	1	~0.15–0.25 kW	~0.2 kW
Lighting	—	~0.3–0.5 kW	~0.4 kW
Running Load			~4.6 kW

2. Hybrid Inverter ဘယ်လောက်လို့မလဲ?

Peak simultaneous load ကို—

≈ 4.6 kW

လို့ယူရင် starting/surge margin နဲ့ future expansion
အတွက် **6 kW Hybrid Inverter** ကို အနည်းဆုံး
အကြံပြုပါတယ်။

ပိုမိုသင့်တော်တဲ့ရွေးချယ်မှုက—

8 kW 3-Phase/Single-Phase Hybrid Inverter
သို့မဟုတ်

6 kW Single-Phase Hybrid Inverter

အိမ်မှာ AC 4 လုံးကို တစ်ပြိုင်တည်း run မယ်ဆိုရင် **8 kW**
class က ပိုပြီး comfortable ဖြစ်ပါတယ်



Growatt ရဲ့ **SPH/SPM 8000–10000TL-HU** series က **Single-Phase Hybrid Inverter** ဖြစ်ပြီး **LV Battery** အသုံးပြုနိုင်ပါတယ်။ UPS transition ~10 ms, Lithium/Lead-acid battery support, generator input နဲ့ multiple MPPT options ပါဝင်ပါတယ်။

8 kW Single-Phase အတွက် အဓိက Specification

Parameter	Growatt 8 kW Single Phase
Model family	SPH/SPM 8000TL-HU
Rated AC Power	8 kW class
Phase	1-Phase
Battery	LV Battery
Battery type	Lithium / Lead-acid
PV MPPT	Up to 3 MPPT depending on model
Max efficiency	~97.5%
UPS transfer	~10 ms
Generator input	Yes
Smart Load	Yes
PV + Battery	Hybrid
Application	Residential / Villa / Small commercial

LONGi

635-670W

LR8-66HYD

Power Tolerance

0~+3W

Maximum Efficiency

24.80%



Solar PV Size Calculation

အခု **650 W N-Type TOPCon** Panel အသုံးပြုမယ်။

ကျွန်တော်တို့ရဲ့ target ကို Data Center daytime energy ကို အဓိက offset လုပ်ဖို့ထားပါမယ်။

Option — 1.30 MWp PV

$$N=1,300,000/650 =2,000 \text{ panels}$$

အလွန်လွယ်ပါတယ်—

$$650 \text{ W} \times 2,000 \text{ panels} = 1.30 \text{ MWp}$$



The solar panel temperature coefficient quantifies the percentage loss in power output for each degree Celsius the panel's temperature rises above 25°C.

650 W N-Type TOPCon Panel ဆိုတာဘာလဲ?

N-Type TOPCon ဆိုတာ Solar Cell ရဲ့ semiconductor structure ကို N-type silicon သုံးပြီး **Tunnel Oxide Passivated Contact (TOPCon)** technology နဲ့ efficiency မြှင့်ထားတဲ့ PV cell technology ဖြစ်ပါတယ်။

ဥပမာအနေနဲ့ **JinkoSolar Tiger Neo** series မှာ 650 W class N-type TOPCon modules ရှိပြီး၊ Jinko ရဲ့ current product information မှာ **650 W class 78-cell bifacial module**, efficiency ~23.3%, bifaciality up to 85% နဲ့ 30-year linear power warranty ကို ဖော်ပြထားပါတယ်။

Solar Panel ရဲ့ **STC = 25°C** ဆိုတာ "ပတ်ဝန်းကျင်အပူချိန် 25°C" ကို ဆိုလိုတာမဟုတ်ဘဲ
Solar Cell temperature 25°C ကို ဆိုလိုတာပါ။ ဒီအချက်က အလွန်အရေးကြီးပါတယ်။

NREL ကလည်း STC ကို **1,000 W/m² irradiance + cell temperature 25°C + AM1.5**
အဖြစ် သတ်မှတ်ထားပါတယ်။

1. ဘာကြောင့် Solar Panel ပူလာရင် Output ကျသလဲ?

Solar Panel တစ်ချပ်ကို ဥပမာ—

650 Wp @ STC 25°C

လို့ ရေးထားရင် 650 W ဆိုတာ **Cell temperature 25°C** မှာ ရရှိနိုင်တဲ့ rated maximum power ဖြစ်ပါတယ်။

နေရောင်ပြင်းလာတဲ့အခါ Panel အပူချိန်က Outdoor Ambient ထက်
အများကြီးပိုပူနိုင်ပါတယ်။

ဥပမာ—

Ambient = 40°C

→ Solar Cell temperature ≈ **60–70°C** ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

အဲဒီအချိန်မှာ Semiconductor ဖြစ်တဲ့ Silicon ရဲ့ electrical characteristics
ပြောင်းလဲပြီး—

•Voc လျော့

•Vmp လျော့

•Pmax လျော့

•Isc ကတော့ အနည်းငယ်တိုးနိုင်
ဖြစ်ပါတယ်။

အထူးသဖြင့် **Voltage ကျခြင်း** က Power ကျခြင်းရဲ့ အဓိကအကြောင်းရင်း
ဖြစ်ပါတယ်။

Temperature Coefficient ဆိုတာဘာလဲ?

Datasheet မှာ အများဆုံးတွေ့ရတာ—

Pmax Temperature Coefficient

ဥပမာ

$$\gamma_{Pmax} = -0.29\%/^{\circ}C$$

ဆိုရင်—

Cell temperature $1^{\circ}C$ တိုးတိုင်း Maximum Power သည် 0.29% ခန့် ကျမည်။

Formula က—

$$P_T = P_{STC} [1 + \gamma_{Pmax} (T_{cell} - 25)]$$

ဖြစ်ပါတယ်။

ဥပမာ **650 W panel**, coefficient **-0.29%/°C**

Cell temperature = **65°C** ဆိုပါစို့။

Temperature rise:

$$65 - 25 = 40^{\circ}C$$

Power loss:

$$40 \times 0.29 = 11.6\%$$

ဒါကြောင့်—

$$650 \times (1 - 0.116)$$

$$P \approx 575W$$

ဆိုပြီး **650 W → ~575 W** အထိ ကျနိုင်ပါတယ်။

ဒါဟာ **Ambient 65°C** မဟုတ်ပါဘူး။

Cell temperature **65°C** ဖြစ်ရမှာပါ။

4. ညဘက် 4 နာရီ Battery Sizing

သင်ပေးထားတဲ့ Battery က—

LiFePO₄

51.4 V

200 Ah

ဖြစ်ပါတယ်။

Battery တစ်လုံးရဲ့ nominal energy:

51.4 V × 200 Ah = 10.28 kWh

ဆိုတော့ Battery တစ်လုံး **≈ 10.28 kWh** ဖြစ်ပါတယ်။

ဒါပေမယ့် Battery ကို 100% အထိ မသုံးဘဲ **80% DoD** လောက်ယူမယ်ဆိုရင် usable energy က—

10.28 × 80% ≈ 8.22 kWh

ခန့်သာဖြစ်ပါတယ်။

Inverter efficiency ကိုလည်း ထည့်တွက်ရင် အသုံးချနိုင်တဲ့ AC-side energy က **~7.5–7.8 kWh** လောက်ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

Inverter Selection

၁၀။ Inverter Selection

Commercial HVAC များအတွက်

- Hybrid Inverter
- Three Phase
- Grid Forming
- MPPT Multiple Input
- Parallel Operation
- Black Start
- Peak Shaving
- Reactive Power Control

Inverter Efficiency

98.5% to 99%

ရွေးချယ်သင့်သည်။

VRV/VRF System များနှင့် Water-Cooled သို့မဟုတ် Air-Cooled Chiller များကို Solar PV ဖြင့် မောင်းနှင်လိုပါက ယနေ့ခေတ်တွင် **High-Power Three-Phase Grid-Tied String Inverter** သို့မဟုတ် **Central Inverter** များကို အများဆုံးအသုံးပြုကြပါသည်။

1. Sungrow SG350HX (Utility & Commercial) သင့်လျော်သော Application

- 500 kW မှ Multi-MW Solar Plant
- Shopping Mall
- Hospital
- Data Center
- Chiller Plant

Specifications

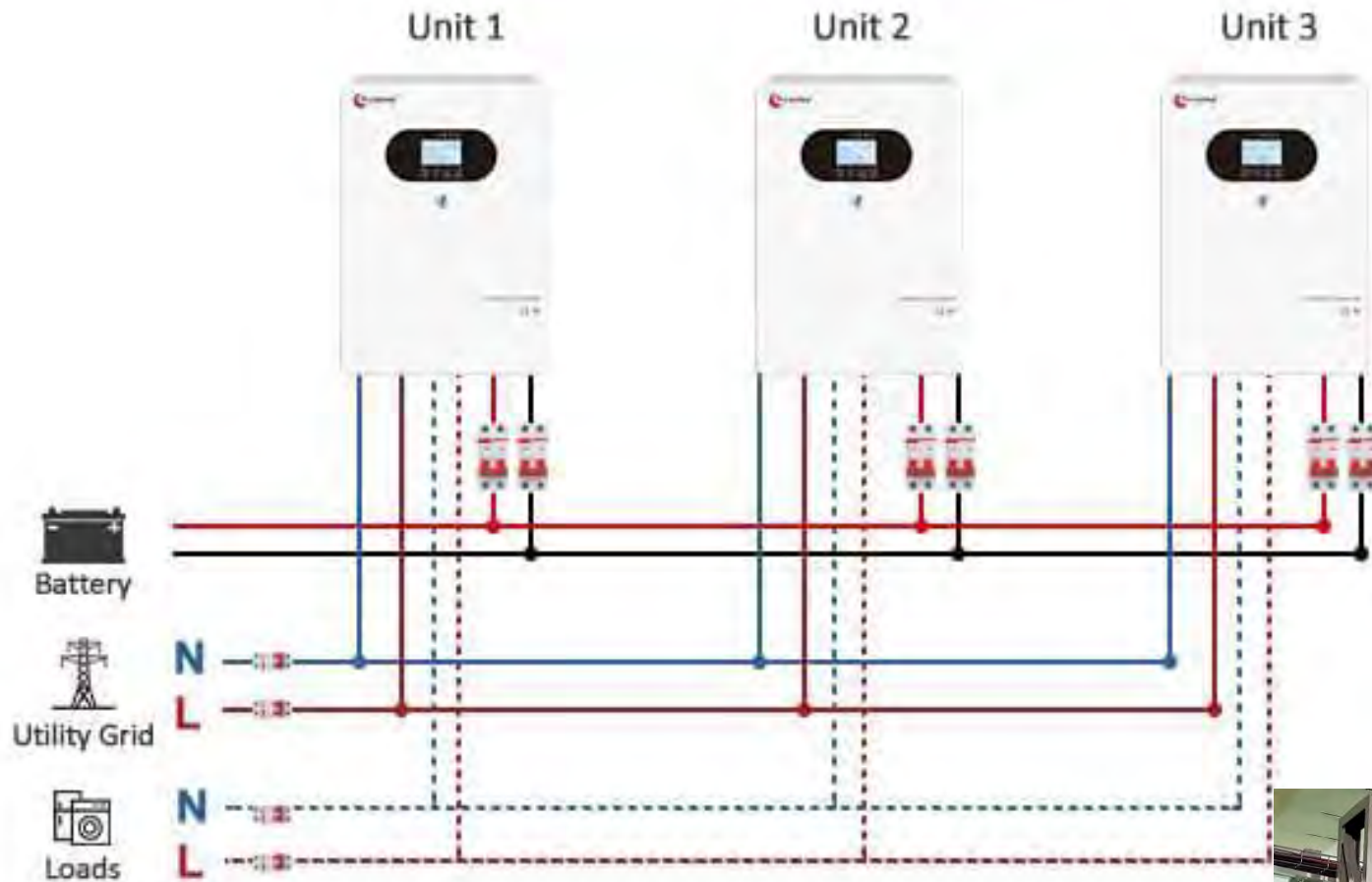
- Rated AC Output : **352 kW**
- Output Voltage : **400 Vac, 3-Phase**
- Efficiency : **~99%**
- Multiple MPPT
- PID Recovery
- AFCI Protection
- IP66

အသုံးပြုမှု

- 300 TR မှ 1000 TR Chiller Plant များ
- VRV Outdoor Unit အများအပြားရှိသော Comme



15kw=5kw x 3pcs Parallel



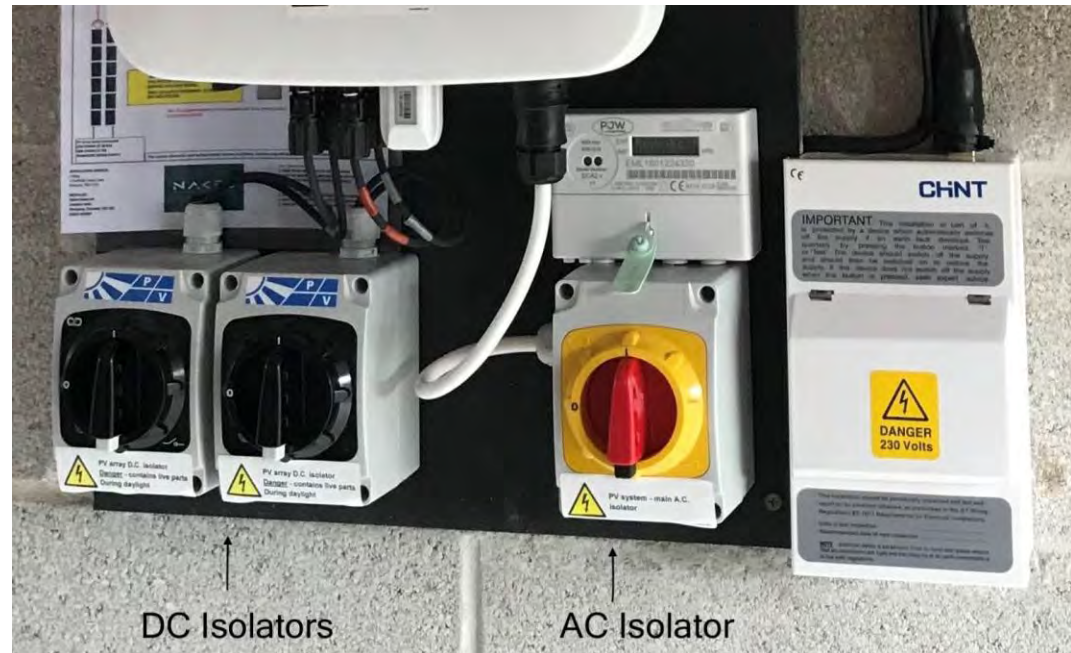


SUN2000-330KTL-H1

Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.8%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	6
Max. Current per MPPT	65 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	115 A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5/4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	300,000 W
Max. AC Apparent Power	330,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	330,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	216.6 A
Max. Output Current	238.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion	< 1%

Solar Inverter တွေမှာ မီးလောင်နိုင်ပါတယ်။ ဒါပေမယ့် Inverter ကိုယ်တိုင်က ပုံမှန်အခြေအနေမှာ မီးလောင်တာမဟုတ်ဘဲ **DC Arc, Short Circuit, အပူလွန်ကဲခြင်း, Component Failure, Loose Connection, Overload/Overvoltage** စတဲ့အကြောင်းများကြောင့် မီးလောင်နိုင်ပါတယ်။



Batteries

“**51.2 V LiFePO₄ (Lithium Iron Phosphate) Battery**” ကို Solar PV, Hybrid Inverter, BESS, UPS စနစ်တွေမှာ အများဆုံးအသုံးပြုကြပါတယ်။ အောက်မှာ **51.2 V 100 Ah** နဲ့ **51.2 V 200 Ah** ကို အဓိကထားပြီး Specification နဲ့ ပုံတွေကို ပြထားပါတယ်။



51.2V200AH

Lifepo4 Battery

≥8000 Cycle Fife

10 Year Warranty



Energy တွက်နည်း

Energy = V × Ah

= 51.2 × 100

= 5,120 Wh

= 5.12 kWh

Solar Battery မှာ “8000 Cycle Life” ဆိုတာကို နားလည်ဖို့ အရေးကြီးပါတယ်။

အဓိကအားဖြင့် Battery ကို Charge → Discharge ပြုလုပ်တဲ့ အသုံးပြုမှု Cycle အရေအတွက် 8,000 ခန့်အထိ အသုံးပြုနိုင်မယ် ဆိုတဲ့ အဓိပ္ပါယ်ပါ။

 1 Cycle ဆိုတာ ဘာလဲ?

Battery ကို 100% အားသွင်းပြီး 100% ပြန်သုံးတာကို အလွယ်ပြောရရင် 1 Full Cycle လို့ သတ်မှတ်ပါတယ်။

ဥပမာ—

နေ့ခင်း



Solar → Battery Charge



Battery → Load Discharge

ဒီလို 100% equivalent energy ကို Charge/Discharge ပြုလုပ်ပြီးရင် 1 Cycle ဖြစ်ပါတယ်။ သို့သော် လက်တွေ့မှာ Battery ကို 100% မသုံးဘဲ တစ်စိတ်တစ်ပိုင်းသာ သုံးတာများပါတယ်။

ဥပမာ—

- ဒီနေ့ 30% သုံး
- နောက်နေ့ 30% သုံး
- နောက်နေ့ 40% သုံး

စုစုပေါင်း 100% equivalent throughput $\approx$ 1 Full Cycle လို့ နားလည်နိုင်ပါတယ်။

MPPT ဆိုသည်မှာ ဘာလဲ?

Maximum Power Point Tracking

1. MPPT ဆိုသည်မှာ ဘာလဲ?

Solar Panel တစ်ချပ်၏ Output Power သည်

$$\text{Power} = \text{Voltage} \times \text{Current} (P = V \times I)$$

ဖြစ်ပါသည်။

နေရောင်ခြည်၊ အပူချိန်နှင့် အရိပ်ကျမှု ပြောင်းလဲသည့်အခါ Panel ၏ Voltage နှင့် Current လည်း ပြောင်းလဲသဖြင့် ထုတ်နိုင်သော Power လည်း အမြဲပြောင်းလဲနေပါသည်။

MPPT သည် Voltage နှင့် Current ကို အဆက်မပြတ် တိုင်းတာပြီး Power အမြင့်ဆုံးရသည့် Operating Point ကို ရှာဖွေထိန်းသိမ်းပေးသော Algorithm ဖြစ်ပါသည်။

2. Maximum Power Point (MPP)

Solar Panel ၏ I-V နှင့် P-V Characteristic တွင် အမြင့်ဆုံး Power ရသည့် အမှတ်ကို **Maximum Power Point (MPP)** ဟုခေါ်သည်။

ဥပမာ

MPPT သည် Panel ကို 600 V ဝန်းကျင်တွင် လည်ပတ်စေပြီး 120 kW ကို ရရှိအောင် ထိန်းပေးပါသည်။

Operating Voltage	Current	Power
500 V	180 A	90 kW
600 V	200 A	120 kW (MPP)
700 V	160 A	112 kW

PUE (Power Usage Effectiveness)

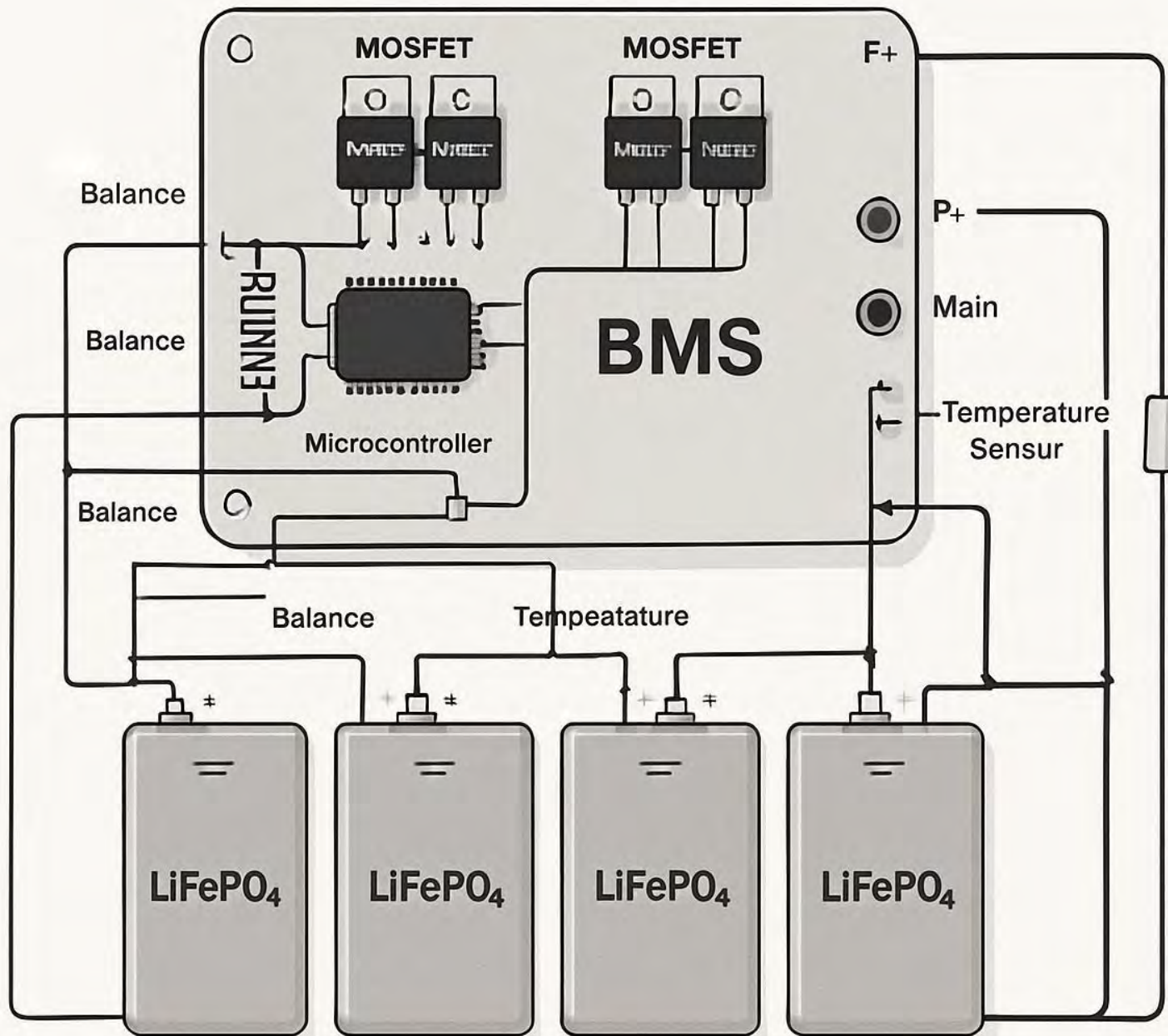
Item	Power
IT Servers	1000 kW
Chillers	180 kW
CRAH/AHU Fans	80 kW
Pumps	40 kW
Cooling Tower	25 kW
UPS Loss	40 kW
Lighting + Security + BMS	60 kW
Total Facility	1425 kW

ဥပမာ (1 MW IT Load)

ထို့ကြောင့်

$$PUE = 1425 \text{ kW} / 1000 \text{ kW} = 1.425$$

ဆိုလိုသည်မှာ Server 1 kW အတွက် Supporting System များက 0.425 kW ထပ်မံအသုံးပြုနေသည်ဟု အဓိပ္ပာယ်ရပါသည်။



BMS က အလုပ်သလဲ?

BMS = Battery Management System

BMS ကို **Battery ရဲ့ Safety Brain** လို့ မှတ်နိုင်ပါတယ်။

BMS က အောက်ပါအချက်တွေကို အမြဲစောင့်ကြည့်ပါတယ်—

- Cell Voltage
- Pack Voltage
- Current
- Temperature
- SOC — State of Charge
- SOH — State of Health
- Cell balancing
- Over-voltage
- Under-voltage
- Over-current
- Over-temperature

ဥပမာ Battery temperature အလွန်မြင့်လာရင် BMS က

charging/discharging current ကို လျှော့ချနိုင်ပြီး

အန္တရာယ်ရှိတဲ့အခြေအနေမှာ system trip/shutdown ဖြစ်အောင် protection လုပ်ပေးပါတယ်။

နေအချိန် — Solar များနေတဲ့အခါ

ဥပမာ—

PV = 500 kW

Load = 300 kW

ဆိုရင်—

$500 - 300 = 200 \text{ kW}$

ပိုနေပါတယ်။

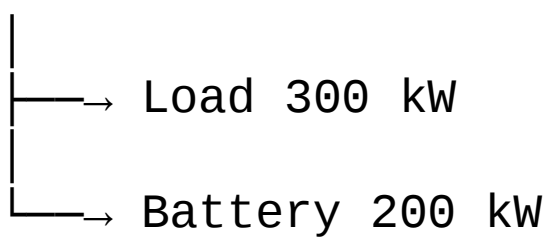
EMS က Battery SOC ကိုကြည့်ပြီး အဲဒီ **200 kW** ကို Battery **Charging** အတွက် အသုံးပြုနိုင်ပါတယ်။

ဥပမာ—

SOC = 40%

ဆိုရင် Battery ကို Charge လုပ်မယ်။

PV 500 kW



↑
SOC 40%

SOC 90–100% ရောက်လာရင်

ဥပမာ Battery—

SOC = 95%

ရောက်လာပြီဆိုရင် EMS က Charging power ကို လျှော့နိုင်ပါတယ်။

PV power ကို—

- Load သို့မဟုတ်
- Grid export လုပ်
- PV output curtailment လုပ်

စတာတွေ ဆောင်ရွက်နိုင်ပါတယ်။

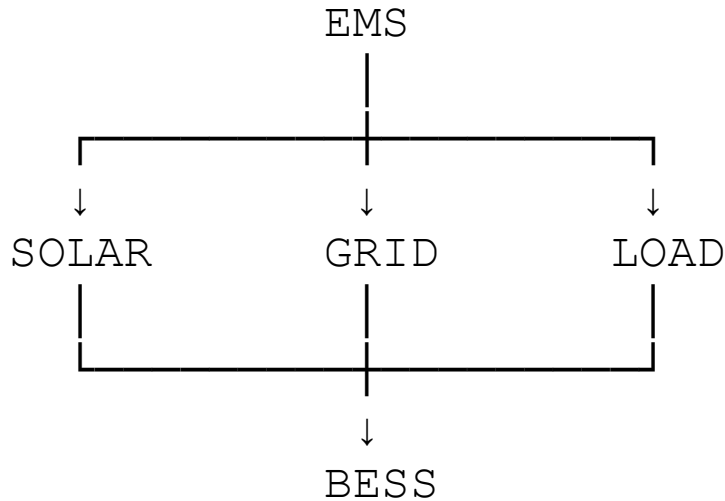
Battery ကို **100% မှာ အချိန်ကြာကြာထားခြင်းကို မလိုအပ်ဘဲ ရှောင်ရှားနိုင်တာ** က Battery life အတွက် အကျိုးရှိနိုင်ပါတယ်။

EMS က အလုပ်သလဲ?

EMS = Energy Management System

EMS ကို “BESS တစ်ခုလုံးရဲ့ Energy Management Brain” လို့
မှတ်နိုင်ပါတယ်။

ဥပမာ—



EMS က—

- Solar ထွက်အား
- Grid Power
- Load Demand
- Battery SOC
- Battery charging limit
- Battery discharging limit
- Peak demand
- Time schedule

တို့ကို ကြည့်ပြီး Battery ကို ဘယ်အချိန် Charge လုပ်မလဲ၊

ဘယ်အချိန် Discharge လုပ်မလဲ ဆုံးဖြတ်ပေးပါတယ်။

BMS က Inverter ကို အာရုံစူးပြောသလဲ?

ဥပမာ BMS က Hybrid Inverter ကို—

Battery SOC = 78%

Battery Voltage = 51.8 V

Battery Current = 42 A

Temperature = 31°C

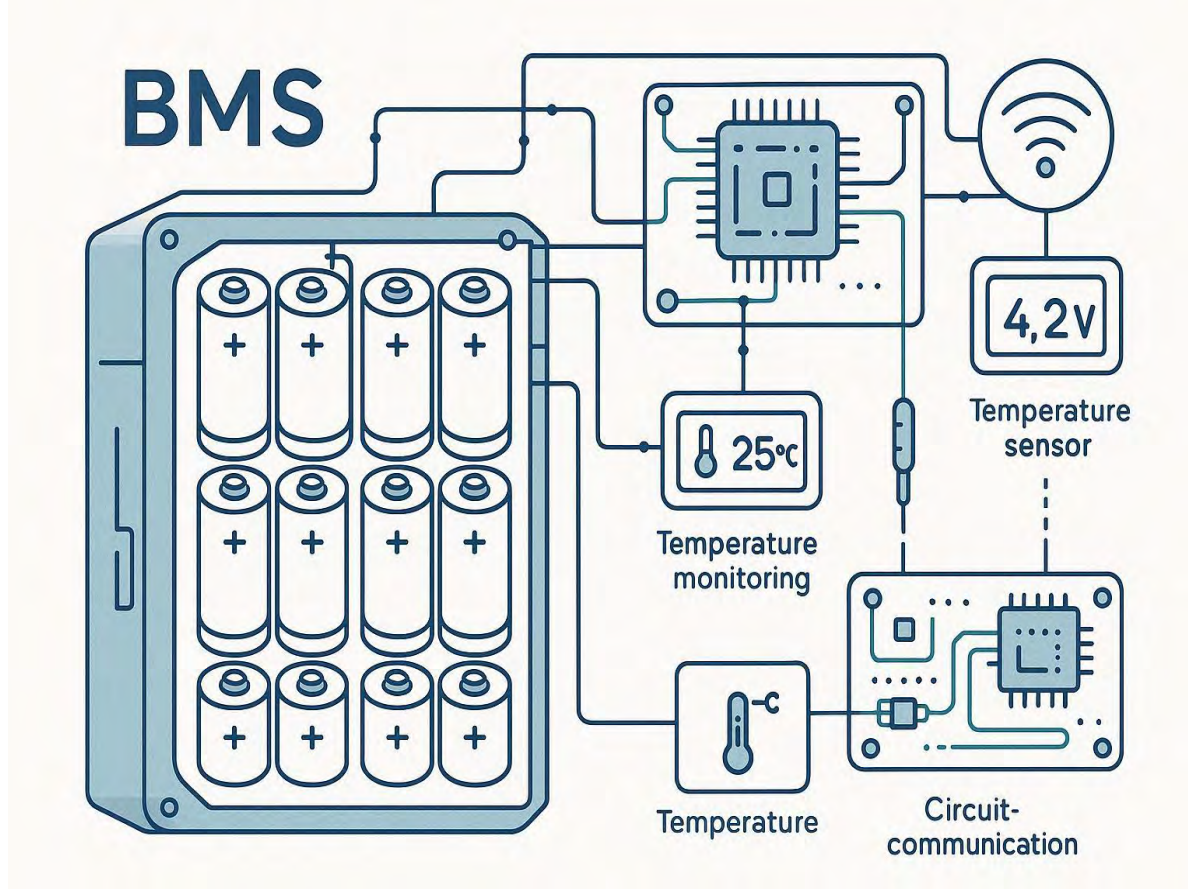
Maximum Charge Current = 50 A

Maximum Discharge Current = 100 A

Battery Status = Normal

ဆိုပြီး information ပေးနိုင်ပါတယ်။

Inverter က အဲဒီ information ကိုသုံးပြီး Charging/Discharging
ကိုထိန်းချုပ်ပါတယ်။



Thermal Management System ၏ အဓိကတာဝန်များမှာ

1. **Battery Temperature ကို 20–30°C ခန့်တွင် ထိန်းထားခြင်း**
2. Cell အားလုံး၏ Temperature ကို တတိန်သမျှ ညီမျှစေခြင်း (Temperature Uniformity)
3. Battery အလွန်ပူလာလျှင် Cooling ပြုလုပ်ခြင်း
4. အလွန်အေးသောဒေသတွင် Battery ကို Heating ပြုလုပ်ပေးခြင်း
5. Battery Life ကို တိုးစေခြင်း
6. Safety ကို မြှင့်တင်ပေးခြင်း

1 MW IT Data Center ဆိုရင်?
ဥပမာ IT Load = 1 MW ထားကြည့်ပါ။
PUE ကို 1.40 လိုယူမယ်ဆိုရင်

Total Facility Power
 $1,000\text{ kW} \times 1.40 = 1,400\text{ kW}$
 $1,000\text{ kW} \times 1.40 = 1,400\text{ kW}$

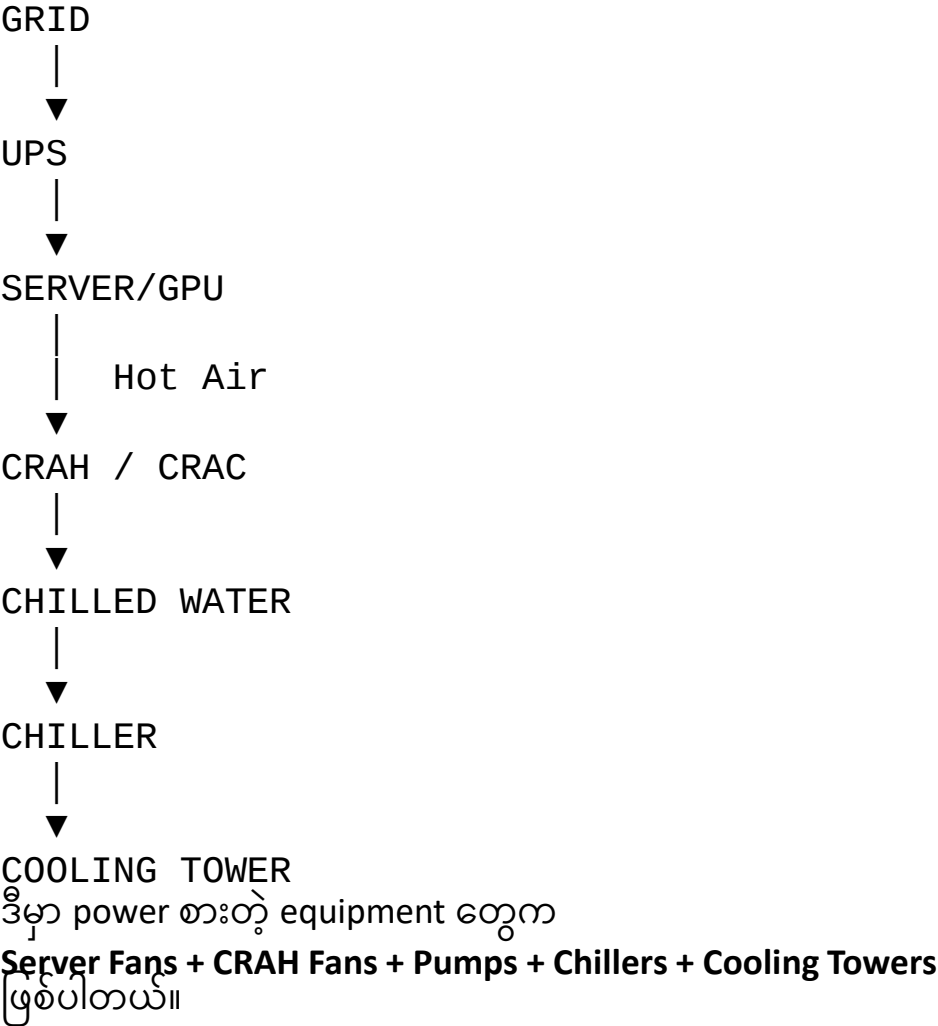
ဒါကြောင့်
ဒါပေမယ့် AI Data Center မှာ Server/GPU load အလွန်မြင့်သွားတဲ့အတွက်
cooling ကို server power နဲ့ တိုင်းတာတဲ့ absolute kW ကလည်း မြင့်လာနိုင်ပါတယ်။

Load	Approx. Power
Server / GPU / IT	1,000 kW
Cooling + pumps + fans etc.	~200–300 kW
UPS / electrical losses	~50–100 kW
Other	~50–100 kW
Total	~1,400 kW

ASHRAE က Direct-to-Chip liquid cooling ကို AI/HPC အတွက် industry-standard ဖြစ်လာနေပြီလို့ ဖော်ပြထားပြီး၊ warm-water cooling သုံးရင် chiller ကိုတောင် လျော့ချ/ဖယ်ရှားနိုင်တယ်လို့ ဖော်ပြထားပါတယ်

Air Cooling vs Liquid Cooling

Traditional Air-Cooled Data Center



CRAH ဆိုတာ ဘာလဲ?

CRAH ဆိုတာ အာလဲ?

CRAH = Computer Room Air Handler

CRAH Unit ထဲမှာ အဓိကအားဖြင့်—

- Chilled Water Cooling Coil
- Supply/Return Air Fan
- Air Filter
- Control Valve
- Temperature/Humidity Sensors
- VFD Fan
- DDC/BMS Controller

တွေ ပါဝင်ပါတယ်။

အရေးကြီးတာက **CRAH မှာ Refrigeration Compressor မပါပါဘူး။**

Chiller Plant က ထုတ်ပေးတဲ့ **Chilled Water** ကို CRAH Cooling Coil ထဲ ဖြတ်သန်းစေပြီး Data Hall ထဲက ပူလာတဲ့ Air ကို အေးစေပါတယ်။

Overhead Cooling Pipes

Chilled Water Supply

Chilled Water Return

CRAH UNIT

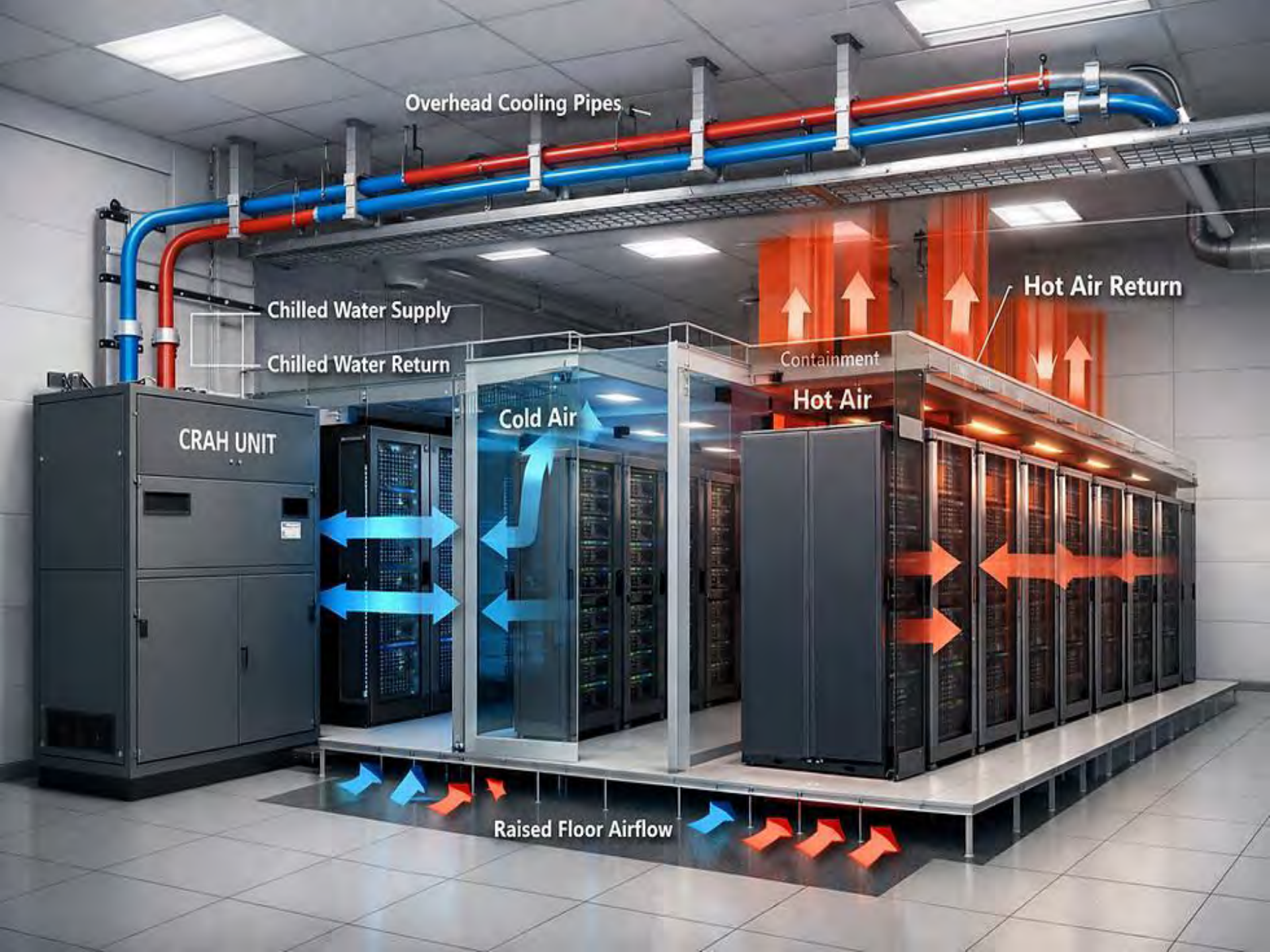
Cold Air

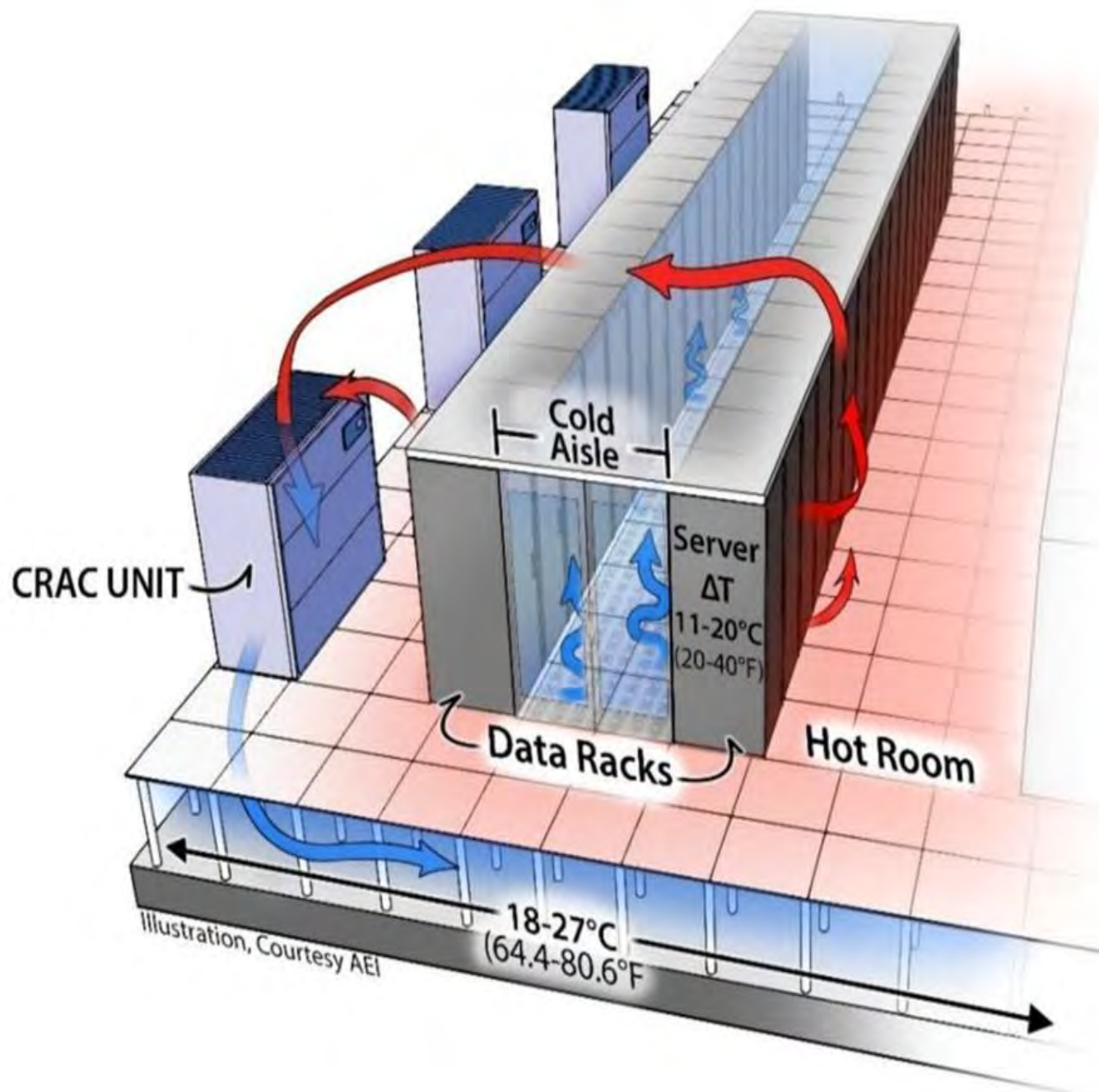
Containment

Hot Air

Hot Air Return

Raised Floor Airflow





Illustration, Courtesy AEI

CRAH vs CRAC — ဘယ်ဟာကိုရွေးသင့်သလဲ?

Small Server Room / Telecom Room

→ CRAC (DX) သုံးရတာ လွယ်ကူပါတယ်။

Medium/Large Data Center

→ Chiller + CRAH System က ပိုသင့်တော်ပါတယ်။

Large Modern Data Center / Hyperscale

→ Chilled Water CRAH, In-Row Cooling, Rear Door Heat Exchanger, Liquid Cooling စတဲ့ နည်းလမ်းတွေကို IT rack density ပေါ်မူတည်ပြီး ပေါင်းစပ်သုံးနိုင်ပါတယ်။

အထူးသဖြင့် **AI/GPU Rack 30–100+ kW/rack** အဆင့်ရောက်လာရင် traditional CRAH air cooling တစ်ခုတည်းနဲ့ မလုံလောက်နိုင်တော့ဘဲ **Direct-to-Chip Liquid Cooling / CDU** စနစ်တွေကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားရပါတယ်။

CRAC/CRAH ရဲ့ “အကြီးဆုံး Capacity” ကို ပြောတဲ့အခါ Unit တစ်လုံးချင်းစီရဲ့ capacity နဲ့ custom air-handler / fan-wall system တစ်ခုလုံးရဲ့ capacity ကို ခွဲခြားကြည့်ရပါတယ်။ လက်ရှိထုတ်လုပ်သောတွေထဲမှာ ကျွန်တော်စစ်ဆေးထားသလောက် STULZ က အလွန်ကြီးမားတဲ့ CRAH capacity range ကို တိတိကျကျ ထုတ်ပြထားပါတယ်။

1. CRAH အကြီးဆုံး Capacity

[STULZ CyberAir CW/DX](#) ရဲ့ လက်ရှိ specification အရ—

- CRAH (Chilled Water / CW): 60–1,080 kW

- CRAC (DX): 20–105 kW

- CRAH အကြီးဆုံး = **1,080 kW**

- 1,080 kW $\approx$ **307 TR**

- Airflow အမြင့်ဆုံး = **90,000 CFM** ခန့်

STULZ ကိုယ်တိုင်က CyberAir CW ကို large-capacity perimeter

CRAH အဖြစ် ဖော်ပြထားပါတယ်။

ဒါကြောင့် “CRAH တစ်လုံး 300 TR ကျော် ရှိနိုင်သလား?” → ရှိနိုင်ပါတယ်။



2. CRAC ကရော?

DX type ဖြစ်တဲ့ CRAC တွေမှာ compressor ပါတာကြောင့် CRAH ထက် unit capacity က ပိုမိုနည်းနည်းနည်း နည်းပါတယ်။

STULZ CyberAir DX range က—

20–105 kW = 5.7–30 TR

အထိရှိပါတယ်။

ဥပမာ—

105 kW $\div$ 3.517 = 29.9 TR

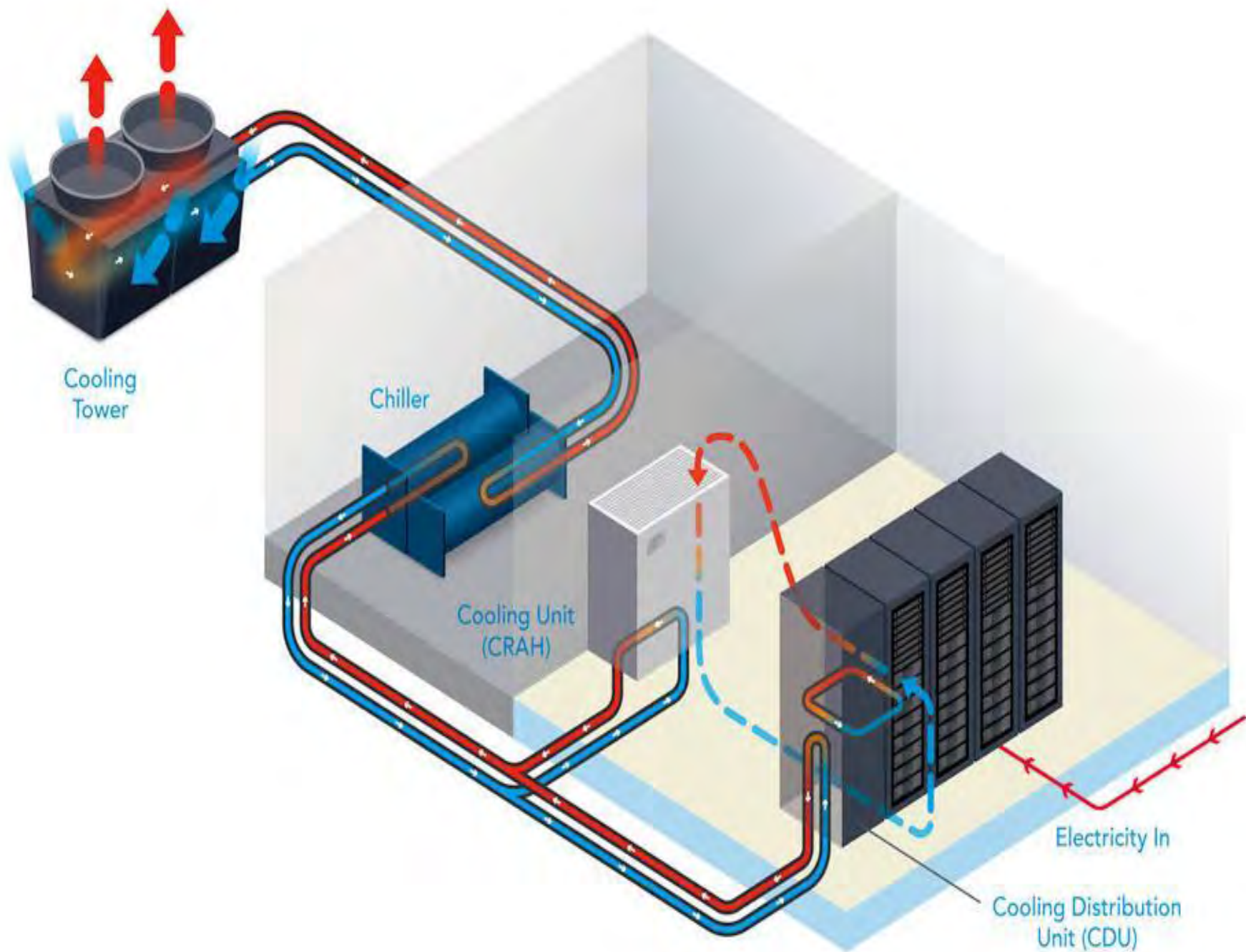
ဆိုတော့ **30 TR CRAC တစ်လုံး** လောက် ဖြစ်ပါတယ်။

STULZ CRAH Fan Power ကို အကြမ်းဖျင်းကြည့်မယ်

STULZ ရဲ့ CyberAir 3 CW published engineering data မှာ ဥပမာ—

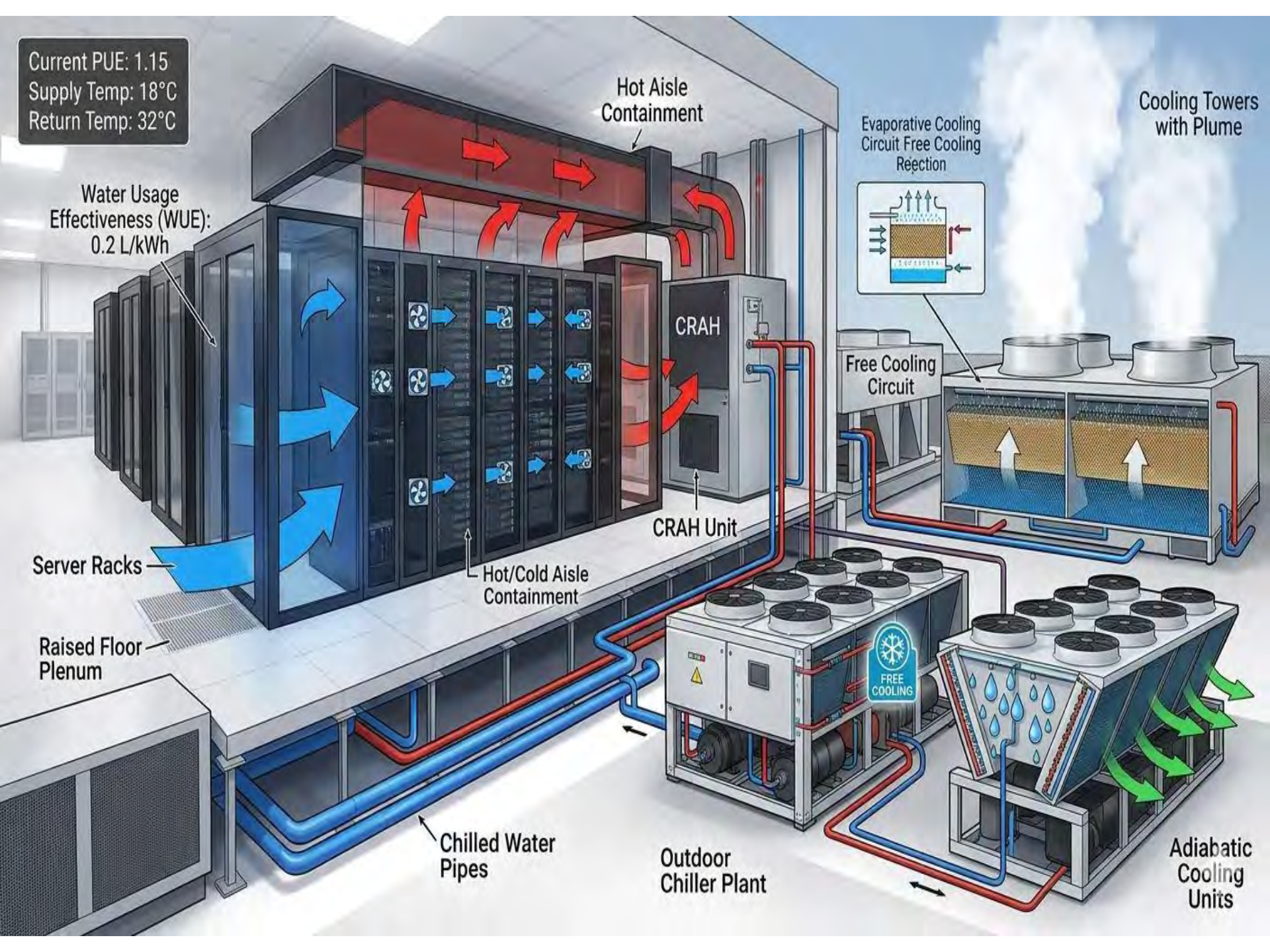
ဒီ data တွေက **400 V / 3-phase / 50 Hz, 20 Pa ESP** condition အောက်က published values ဖြစ်ပါတယ်။

CRAH Cooling Capacity	Airflow	Fan Power — CWE	Fan Power — CWU
~45 kW	10,000 m ³ /h	1.6 kW	1.0 kW
~67 kW	12,500 m ³ /h	1.7 kW	1.5 kW
~97 kW	23,000 m ³ /h	4.3 kW	3.0 kW
~129 kW	24,000 m ³ /h	3.4 kW	2.7 kW
~174 kW	33,000 m ³ /h	6.1 kW	4.2 kW
~221 kW	47,000 m ³ /h	10.1 kW	7.8 kW
~239 kW	48,000 m ³ /h	9.7 kW	7.5 kW



Current PUE: 1.15
Supply Temp: 18°C
Return Temp: 32°C

Water Usage Effectiveness (WUE):
0.2 L/kWh



Hot Aisle Containment

Evaporative Cooling Circuit Free Cooling Rejection

Cooling Towers with Plume

CRAH

CRAH Unit

Hot/Cold Aisle Containment

Server Racks

Raised Floor Plenum

Chilled Water Pipes

Outdoor Chiller Plant

Adiabatic Cooling Units

Free Cooling Circuit

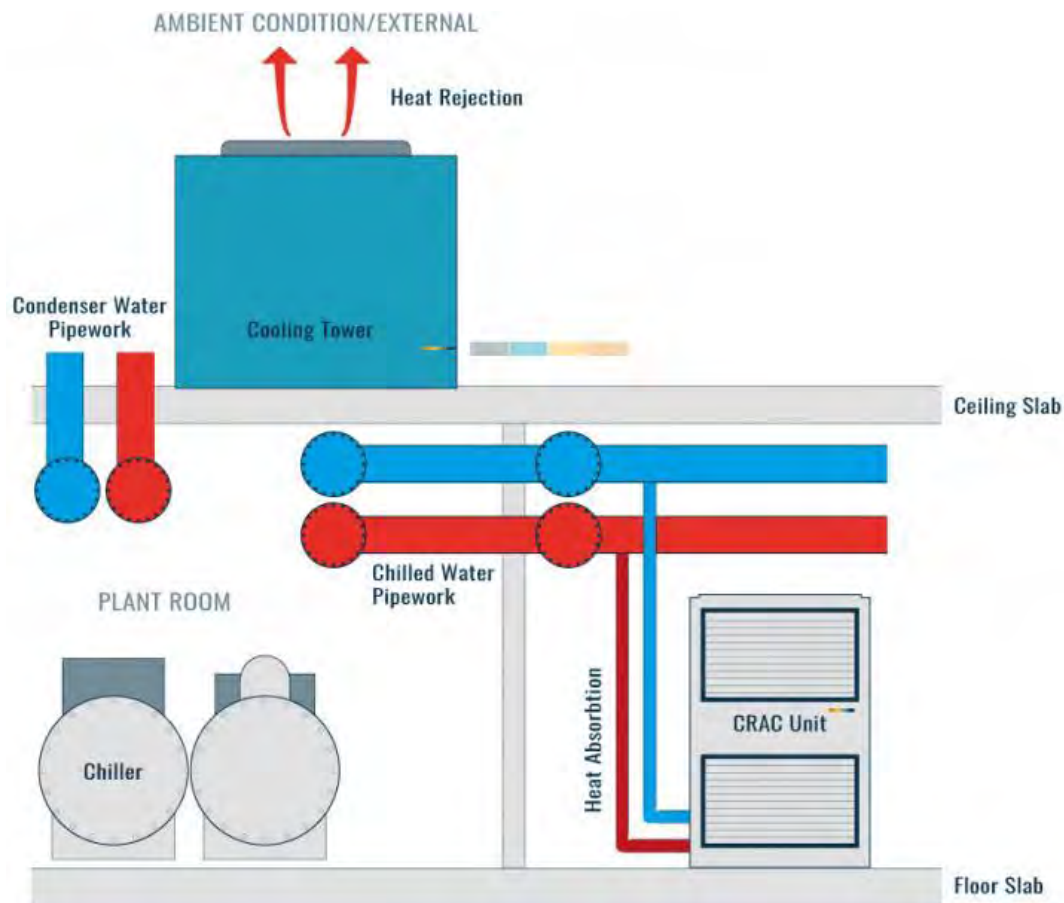
FREE COOLING

**Why Water Cooled Chiller is more suitable
For Data Center?**

Modern Data Center နဲ့ AI/GPU Server တွေမှာ VRV/VRF သို့မဟုတ် သာမန် Air-Cooled Chiller ကို အဓိက Cooling Plant အဖြစ် မရွေးဘဲ Water-Cooled Chiller + CRAH/CRAC + Liquid Cooling ကို ပိုမိုအသုံးပြုလာရတဲ့ အကြောင်းရင်းက အဓိကအားဖြင့် အပူသယ်ဆောင်နိုင်မှု (heat transport capacity) နဲ့ Cooling Density ကွာခြားမှုကြောင့် ဖြစ်ပါတယ်။

အရေးကြီးဆုံးအချက်ကို တစ်ကြောင်းတည်းနဲ့ပြောရရင်—

ရေသည် လေထက် တစ်ယူနစ် Volume အတွင်း အပူကို သယ်ဆောင်နိုင်စွမ်း အလွန်များသောကြောင့် High-Density AI Data Center တွေမှာ Water/Liquid Cooling က အားသာပါတယ်။



1. အခြေခံ Physics ကို အရင်ကြည့်ရအောင်

အပူဖယ်ရှားခြင်းကို အခြေခံအားဖြင့်—

$$Q = \dot{m} C_p \Delta T$$

ဖြင့်တွက်နိုင်ပါတယ်။

Where—

- Q = Heat removal, kW
- $\dot{m}$ = Mass flow rate, kg/s
- C_p = Specific heat
- ΔT = Temperature difference

လေ (Air)

Air အတွက်—

$$C_p \approx 1.005 \text{ kJ/kg.K}$$

Density $\approx$

$$\rho_{air} \approx 1.2 \text{ kg/m}^3$$

ရေ (Water)

Water အတွက်—

$$C_p \approx 4.186 \text{ kJ/kg.K}$$

Density $\approx$

$$\rho_{water} \approx 1000 \text{ kg/m}^3$$

ဒါကြောင့် ရေက mass တစ် kg အလိုက်ပင် လေထက် **~4.16 ဆ** heat capacity ပိုများပါတယ်။

ဒါတင်မကသေးပါဘူး။ Volume အလိုက်ဆိုရင် ကွာခြားမှုက အလွန်ကြီးပါတယ်။

2. 1 m³ Air နဲ့ 1 m³ Water ကို နှိုင်းယှဉ်မယ် Air

$$Q = \rho V C_p \Delta T$$

1 m³ Air အတွက်—

$$Q = 1.2 \times 1.005 \times \Delta T$$

ဥပမာ Air temperature ကို 10°C မြင့်တက်ခွင့်ပေးမယ်ဆိုရင်—
 $Q \approx 1.206 \Delta T$

$$Q \approx 12.06 \text{ kJ}$$

Water

$$Q = 1000 \times 4.186 \times 10$$

$$Q = 41,860 \text{ kJ}$$

ထို့ကြောင့် 1 m³ volume တူတူကြည့်လျှင် Water က Air ထက် ~3,470 ဆခန့်
အပူသယ်ဆောင်နိုင်ပါတယ်။

ဒါက Data Center Cooling မှာ Water ကို အလွန်တန်ဖိုးရှိစေတဲ့ အခြေခံ Physics ပါ။

1 MW AI Data Center ကို ဥပမာယူကြည့်မယ်

AI Server Room မှာ— $ITLoad = 1,000\text{ kW}$ ဆိုပါစို့။
Server သုံးတဲ့ လျှပ်စစ်စွမ်းအင်ရဲ့ အများစုဟာ နောက်ဆုံးမှာ **Heat** ဖြစ်သွားပါတယ်။
အကြမ်းဖျင်း—

$$1\text{ kW IT} \approx 1\text{ kW Heat}$$

ဒါကြောင့်—

$$1\text{ MW IT} \approx 1\text{ MW Heat}$$

Cooling system က အနည်းဆုံး **1 MW heat** ကို အဆက်မပြတ်ဖယ်ရှားနိုင်ရပါမယ်။

4. Air Cooling နဲ့ 1 MW ကို ဖယ်မယ်ဆိုရင်

Air cooling မှာ—

$$Q = \dot{m}C_p\Delta T$$

Suppose:

- Supply Air = 18°C
- Return Air = 28°C
- $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$

$$1,000 = \dot{m}(1.005)(10)$$

ထို့ကြောင့်—

$$\dot{m} \approx 99.5\text{ kg/s}$$

Air density 1.2 kg/m^3 ဖြစ်လို့—

$$\dot{V} = \frac{99.5}{1.2}$$
$$\dot{V} \approx 82.9\text{ m}^3/\text{s}$$

တစ်နာရီကို—

$82.9 \times 3600 \approx 298,000\text{ m}^3/\text{h}$ ဆိုတဲ့ **အလွန်ကြီးမားတဲ့ airflow** လိုပါတယ်။

Water Cooling နဲ့ 1 MW ဖယ်မယ်

Chilled Water ကို—

•Supply = 15°C

•Return = 25°C

• $\Delta T = 10^\circ\text{C}$
ထားကြည့်မယ်။

$$1000 = \dot{m}(4.186)(10)$$

Water density $\approx 1000 \text{ kg/m}^3$ ဖြစ်တဲ့အတွက်—
 $\dot{m} \approx 23.9 \text{ kg/s}$

$$\dot{V} \approx 0.0239 \text{ m}^3/\text{s}$$

တစ်နာရီ—

$$0.0239 \times 3600$$

$$\boxed{\approx 86 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Cooling Medium

1 MW Heat

$\Delta T = 10^\circ\text{C}$

Air

$\sim 298,000 \text{ m}^3/\text{h}$

10°C

Water

$\sim 86 \text{ m}^3/\text{h}$

10°C

Air ကို 298,000 m³/h လောက်ရွှေ့ရမယ်အချိန် Water က 86 m³/h ခန့်ပဲ လိုပါတယ်။

ဒါကြောင့် Pipe သေးသေးနဲ့ အပူအများကြီး သယ်နိုင်ပြီး Fan Energy လည်း လျော့နိုင်ပါတယ်။



Data Center ထဲက GPU (Graphics Processing Unit) ဆိုတာ ယနေ့ခေတ် AI, Machine Learning, Deep Learning, High-Performance Computing (HPC) workload တွေကို အလွန်မြန်မြန်တွက်ချက်ပေးတဲ့ high-performance processor တစ်မျိုးပါ။
အရင်က GPU ကို Computer ရဲ့ **graphics/image rendering** အတွက် အဓိကအသုံးပြုခဲ့ပေမယ့် ယနေ့ Data Center တွေမှာ **AI calculation accelerator** အဖြစ် အလွန်အရေးကြီးလာပါတယ်။



NVIDIA GB200 တစ် Rack = 120 kW လား?

ဟုတ်ပါတယ် — design/rated rack level အနေနဲ့ ~120 kW class လို့ ယူနိုင်ပါတယ်။

GB200 NVL72 မှာ—

•**72 × Blackwell GPU**

•**36 × Grace CPU**

•18 compute trays

•9 NVLink switch trays

•Liquid cooling manifold

•Rack power shelves

ပါဝင်ပါတယ်။

ဒါကြောင့် ဒီ Rack တစ်ခုဟာ—

~120 kW Electrical Load

ဆိုရင် အပူစွန့်ထုတ်ရမယ့် Thermal Load ကလည်း

အကြမ်းဖျင်းအားဖြင့်—

120 kW ≈ 120 kW Heat

ဖြစ်ပါတယ်။

BTU/h အဖြစ်—

120 × 3,412 ≈ 409,000 BTU/h

ဖြစ်ပါတယ်။

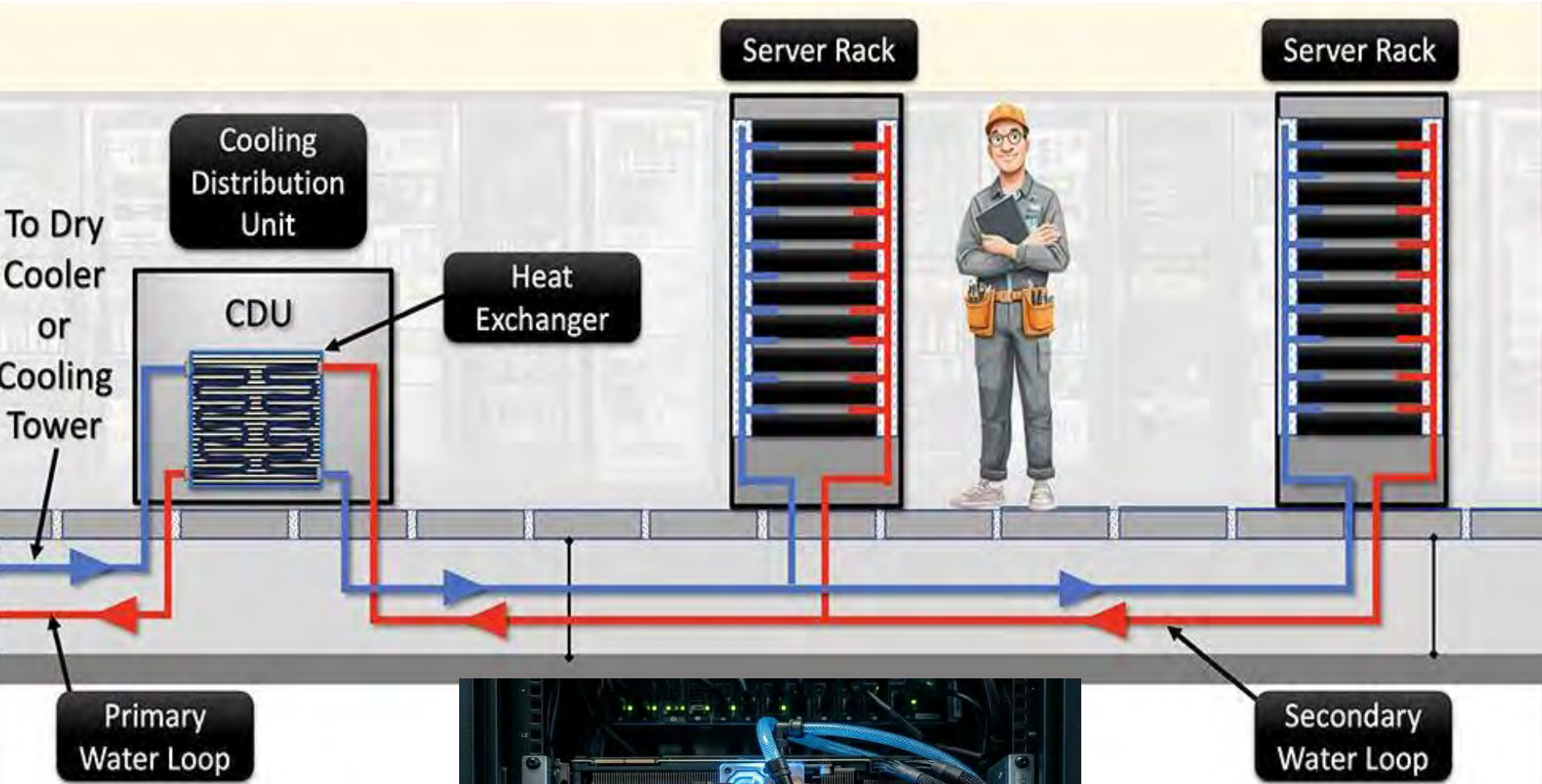
TR အဖြစ်—

120 / 3.517 ≈ 34.1 TR

ဖြစ်ပါတယ်။

GB200 NVL72 တစ် Rack ကို Cooling Load ~34 TR လောက်

လို့ အကြမ်းဖျင်းစဉ်းစားနိုင်ပါတယ်။



Liquid Cooling ရဲ့ အဓိကအားသာချက်

Modern system မှာ

GPU → Cold Plate → Water → CDU → Dry Cooler

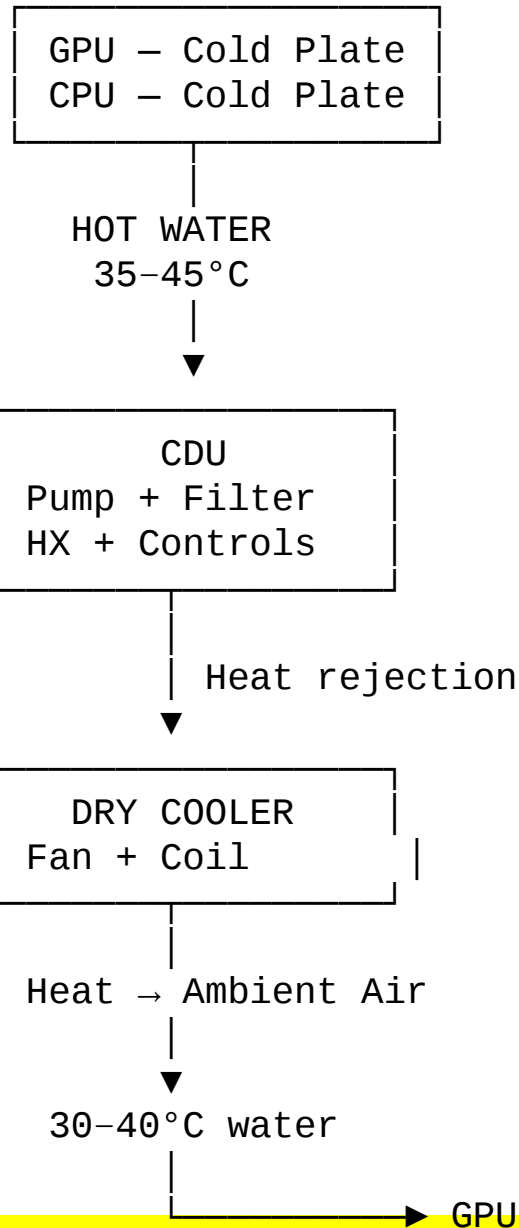
ဆိုတဲ့လမ်းကြောင်းနဲ့ heat ကို တိုက်ရိုက်ယူသွားနိုင်ပါတယ်။
ဒါကြောင့်

- Server fan speed ↓
- CRAH airflow ↓
- Chiller load ↓
- Compressor power ↓
- Cooling tower power ↓
- Pump power အနည်းငယ် ↑
ဖြစ်ပါတယ်။

အရေးကြီးဆုံးက **Pump power တိုးသွားတာထက် Fan + Compressor power လျော့သွားတာ ပိုကြီးနိုင်ပါတယ်။**

ASHRAE ရဲ့ case study တစ်ခုမှာ warm-water direct cooling သုံးတဲ့ SuperMUC-NG facility က **cooling PUE <0.07**

အခါအချက်အလက်များအရ
AI / GPU SERVER



အဓိကအချက်က GPU ကို လေအေးနဲ့ တိုက်ရိုက်အေးအောင်လုပ်တာ မဟုတ်တော့ဘဲ GPU ရဲ့အပူကို ရေထဲကို တိုက်ရိုက်ထည့်ပြီး အပြင်ကို သယ်ထုတ်တာ ဖြစ်ပါတယ်။

ဒီနေရာမှာ Dry Cooler + Warm-Water Direct-to-Chip Cooling



30-650kw Heat Rejection Telecom Server Room Data Center Radiator Liquid Glycol Free Cooling Dry Cooler

ရေက တကယ်တော့ "Cold Water" မဟုတ်ပါ

ဒီအချက်က အလွန်အရေးကြီးပါတယ်။

Traditional chilled-water system မှာ

CHW Supply = $\sim 6-12^{\circ}\text{C}$

လိုမျိုး အလွန်အေးတဲ့ရေ သုံးတတ်ပါတယ်။

Direct-to-chip system မှာတော့

Warm Water Cooling

သုံးနိုင်ပါတယ်။

ဥပမာ design တစ်ခုမှာ—

GPU inlet: $30-35^{\circ}\text{C}$

GPU outlet: $35-45^{\circ}\text{C}$

လိုမျိုး ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

GPU က ရေကို **$5-10^{\circ}\text{C}$** လောက်ပူအောင်လုပ်ပေးပြီး အဲဒီအပူကို CDU ကတစ်ဆင့် Dry Cooler ဆီပို့ပါတယ်။

CDU ရဲ့ Heat Exchanger က ဘာလုပ်သလဲ?

ဒါက Data Center Engineer အတွက် အရေးကြီးဆုံးအပိုင်းတွေထဲက တစ်ခုပါ။

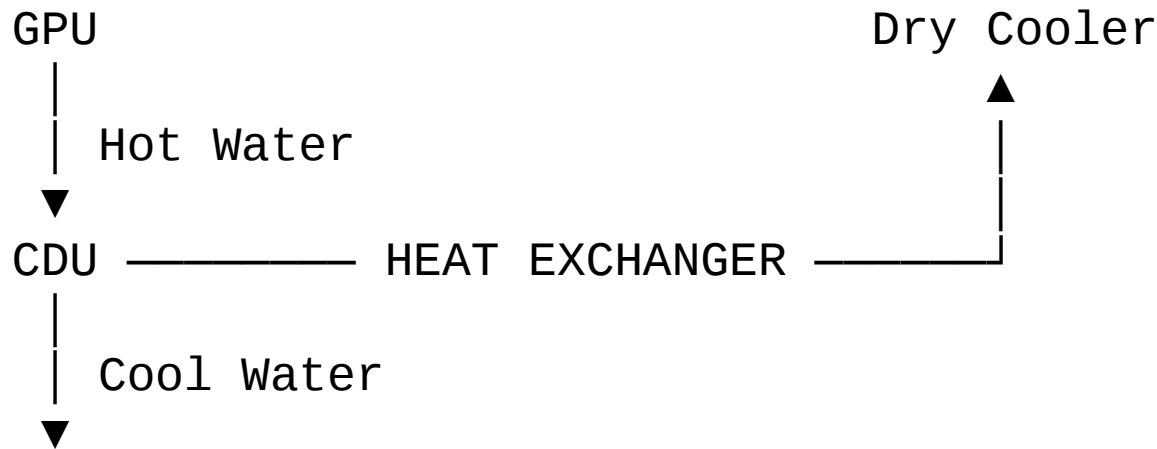
Server-side water ကို cooling plant-side water နဲ့

မရောစေချင်တဲ့အတွက် Heat Exchanger ခြားထားနိုင်ပါတယ်။

GPU LOOP

HEAT REJECTION LOOP

LOOP



GPU

ဒါကြောင့် Server side coolant circuit နဲ့ facility water circuit သီးခြားဖြစ်နိုင်ပါတယ်။

ဒီ architecture က **leak protection, water chemistry control, maintenance** အတွက် အရေးကြီးပါတယ်။

Dry Cooler က Chiller မဟုတ်ပါ
ဒီနေရာမှာလည်း အရေးကြီးပါတယ်။

Dry Cooler = Compressor မပါဘဲ ambient air နဲ့ water ကို အေးစေတဲ့ heat rejection equipment ဖြစ်ပါတယ်။

HOT WATER



↑ ↑ ↑ ↑
FAN FAN FAN

→ AMBIENT AIR

Water ထဲက heat က

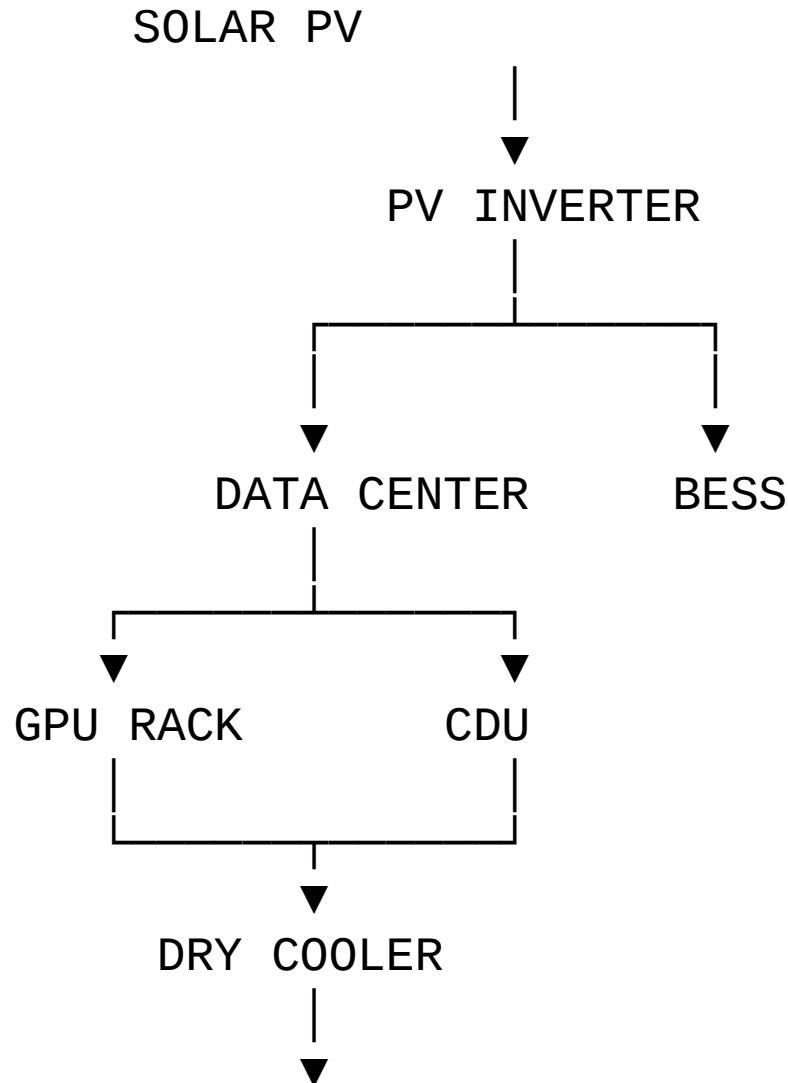
Water → Coil → Ambient Air

သိသွားပါတယ်။

အဲဒါကြောင့် **compressor မလိုနိုင်ပါ။**

Solar Power နဲ့ 3 Liquid Cooling System ကို ပေါင်းလိုရသလား? အလွန်ကောင်းကောင်း ပေါင်းလိုရပါတယ်။

အထူးသဖြင့် **Dry Cooler + CDU Pumps** က Chiller compressor ထက် electrical load နည်းနိုင်တဲ့အတွက် Solar နဲ့ integration လုပ်ရတာ ပိုလွယ်ပါတယ်။



Wind turbines spin near our Eemshaven, Netherlands, data center.



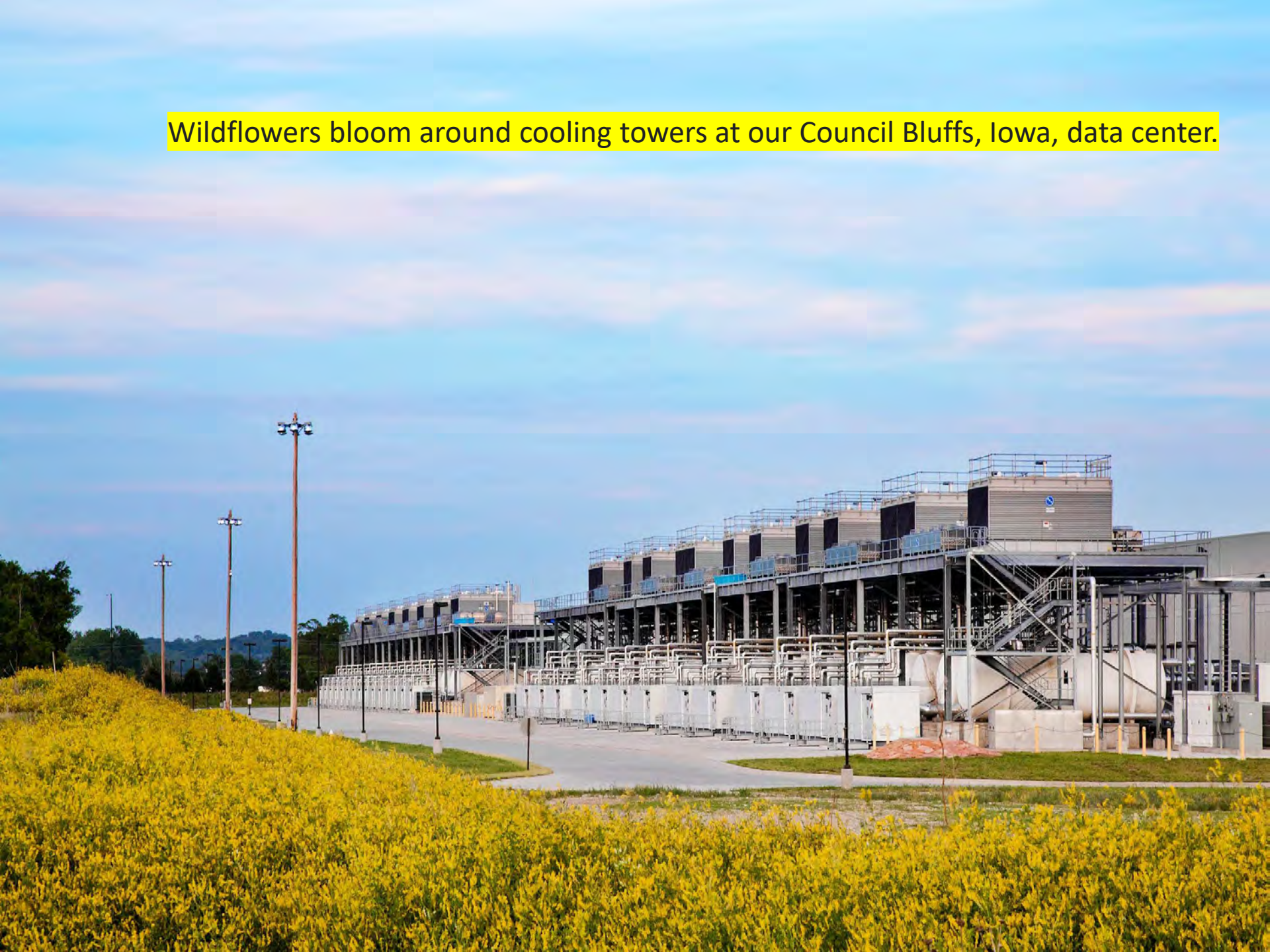


Several of our critical generators and exhaust stacks sit in the foreground of our Midlothian, Texas, data centers in Ellis County.

An overhead view of one of our cooling plants in Hamina, where seawater from the Gulf of Finland entirely cools the data center there.



Wildflowers bloom around cooling towers at our Council Bluffs, Iowa, data center.



Our Council Bluffs, Iowa, data center makes the best out of every inch, so you can use services like Search and YouTube in the most efficient way possible.





These heat exchangers play a critical part in keeping our Eemshaven, Netherlands, data center cool.

Air-Cooled Chiller / Water-Cooled Chiller / VRV-VRF တို့ကို Emergency City Power Shutdown ဖြစ်တဲ့အချိန် **နေ့ဘက် Solar + Inverter** ဖြင့် နှင့် **ညဘက် Battery + Inverter** ဖြင့် မောင်းနှင်ပါတယ်။ သို့သော် **Solar Panel** ကို **Chiller** ရဲ့ **AC input** သို့ **တိုက်ရိုက်ချိတ်ခြင်း မလုပ်ရပါ။** Chiller ရဲ့ compressor, fan, pump များ၏ starting/current fluctuation ကို ထိန်းနိုင်သော **Grid-forming / Hybrid PCS-Inverter + BESS** သို့မဟုတ် သီးသန့် **Solar VFD system** လိုအပ်ပါတယ်။



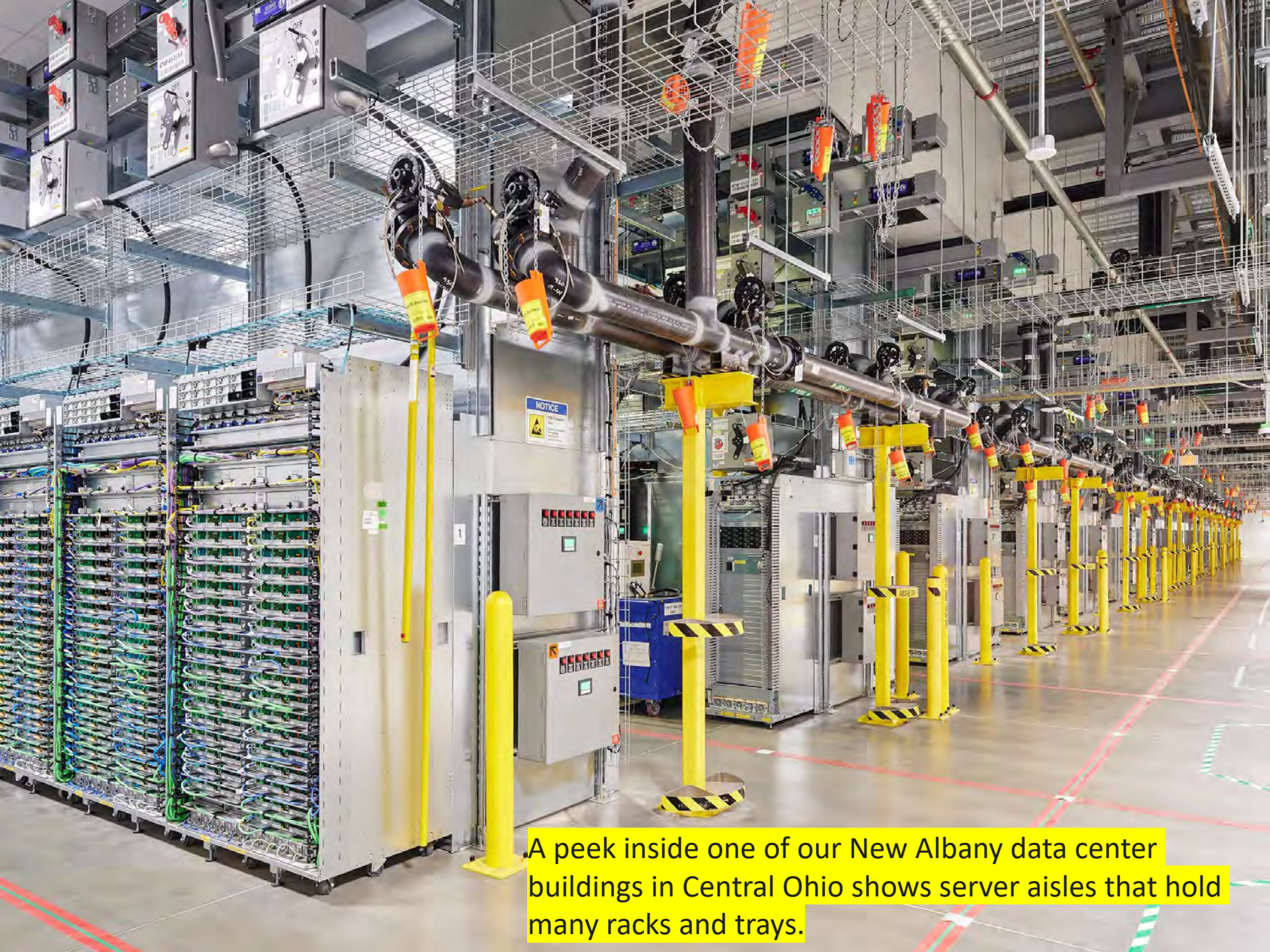
Our Dublin, Ireland, data center features murals by local illustrator and artist Fuchsia MacAree.



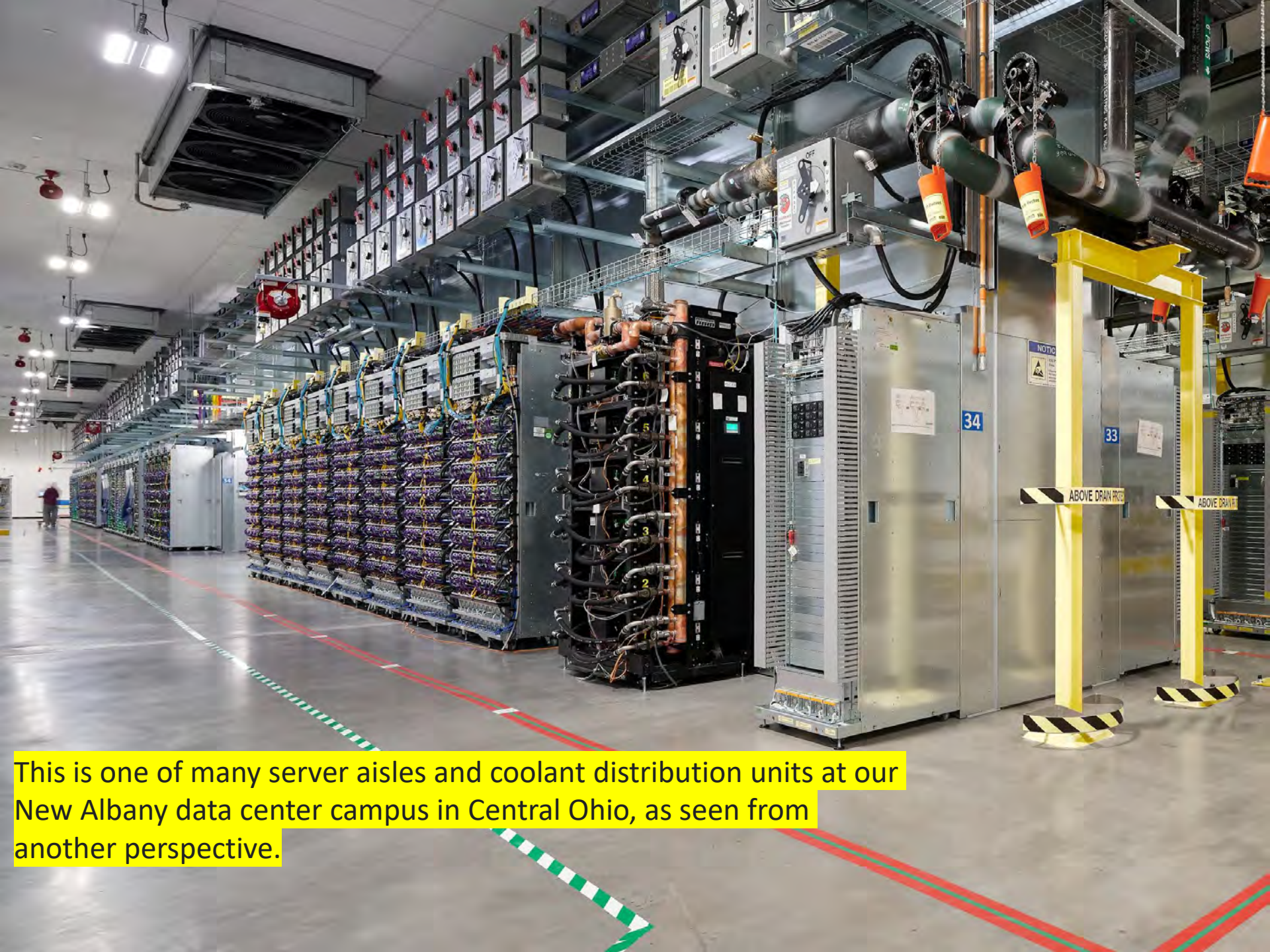


A gCUB is a modular global central utilities building for a Google-designed data center, and it contains our data center's cooling infrastructure. These cooling pipes travel from our gCUB to two of our data center buildings in New Albany in Central Ohio.





A peek inside one of our New Albany data center buildings in Central Ohio shows server aisles that hold many racks and trays.



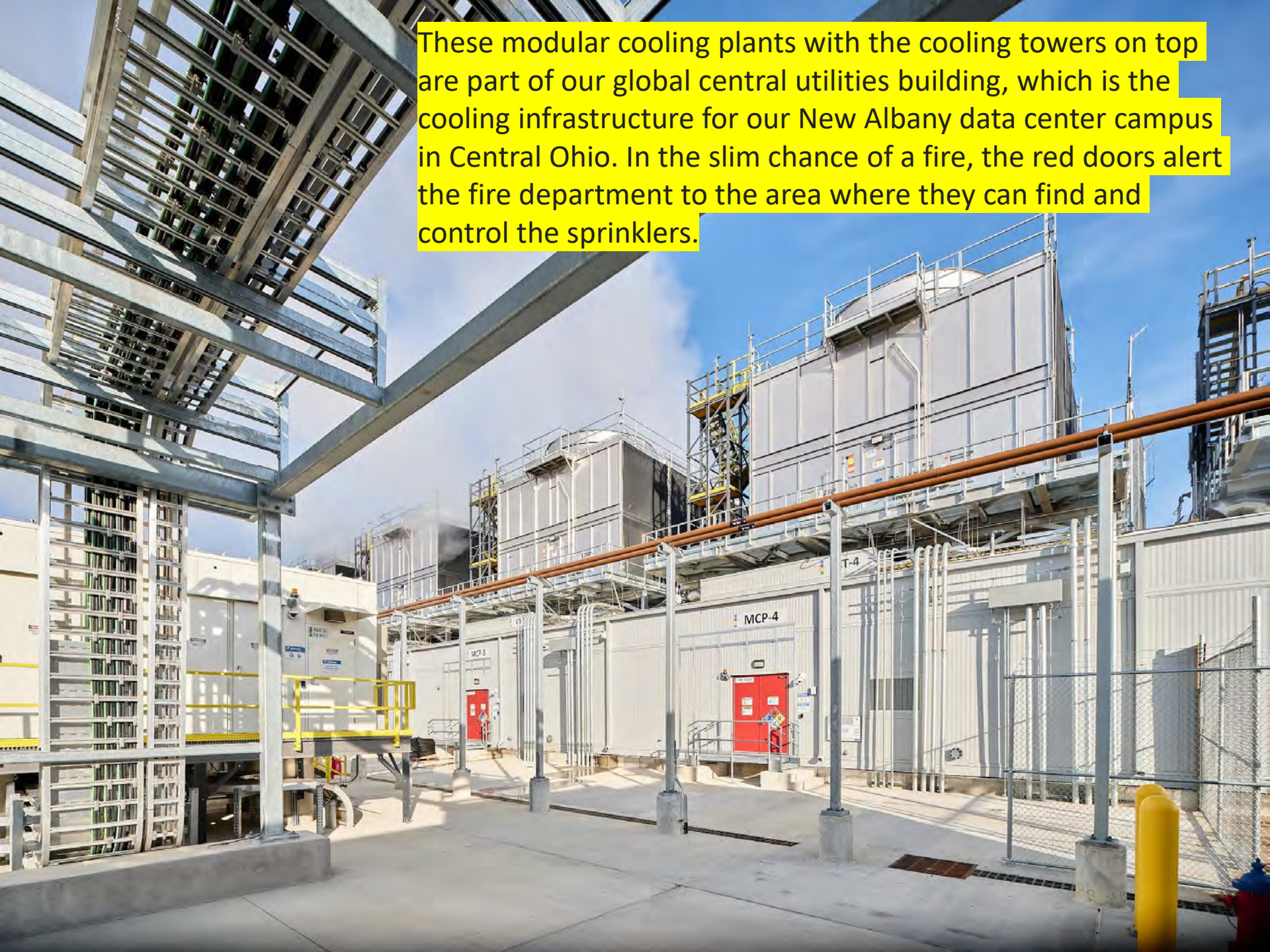
This is one of many server aisles and coolant distribution units at our New Albany data center campus in Central Ohio, as seen from another perspective.



These electrical cables are responsible for supplying backup power from our generators to our data centers in the event we ever lose power at our New Albany, Ohio, campus.



These modular cooling plants with the cooling towers on top are part of our global central utilities building, which is the cooling infrastructure for our New Albany data center campus in Central Ohio. In the slim chance of a fire, the red doors alert the fire department to the area where they can find and control the sprinklers.





We've added red, yellow, and blue colors to the transformers in our Dublin, Ireland, data center.

Solar Panel ကို Chiller နဲ့ တိုက်ရိုက်ချိတ်လို့ရသလား? ပုံမှန် Grid-Tied Solar နဲ့ မရပါ။

ဥပမာ—

PV → Solar Inverter → Chiller

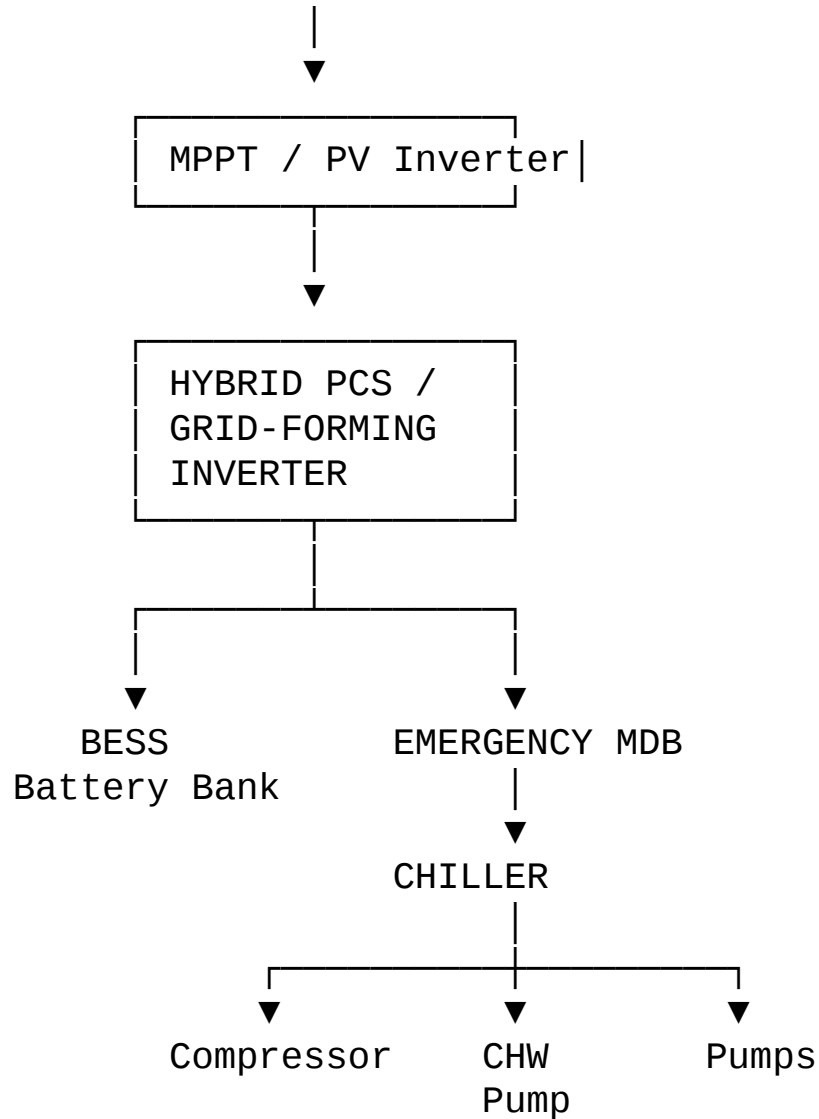
ဆိုပြီး ရိုးရိုး Grid-Tie inverter သုံးပြီး Emergency အချိန်မှာ Chiller ကို run လုပ်လို့ မရပါ။

အကြောင်းက—

- Cloud ဖြတ်သွားခြင်း
 - PV output fluctuation
 - Compressor loading change
 - Fan motor starting
 - Pump starting
 - Inverter overload
 - Voltage/frequency instability
- တွေဖြစ်နိုင်လို့ပါ။

PV direct-drive refrigeration system ကို လေ့လာထားတဲ့ research တွေမှာလည်း PV fluctuation ကြောင့် compressor startup မအောင်မြင်ခြင်း သို့မဟုတ် shutdown ဖြစ်နိုင်တာကို ဖော်ပြထားပါတယ်။ Variable-speed compressor နဲ့ MPPT control က ပိုသင့်တော်ပါတယ်။

အကောင်းဆုံး architecture က—
SOLAR PV



Thermal Runway

Thermal Runaway ဆိုသည်မှာ

Battery Cell တစ်လုံး အပူလွန်ကဲလာပြီး

Cell ၁ → Cell ၂ → Cell ၃

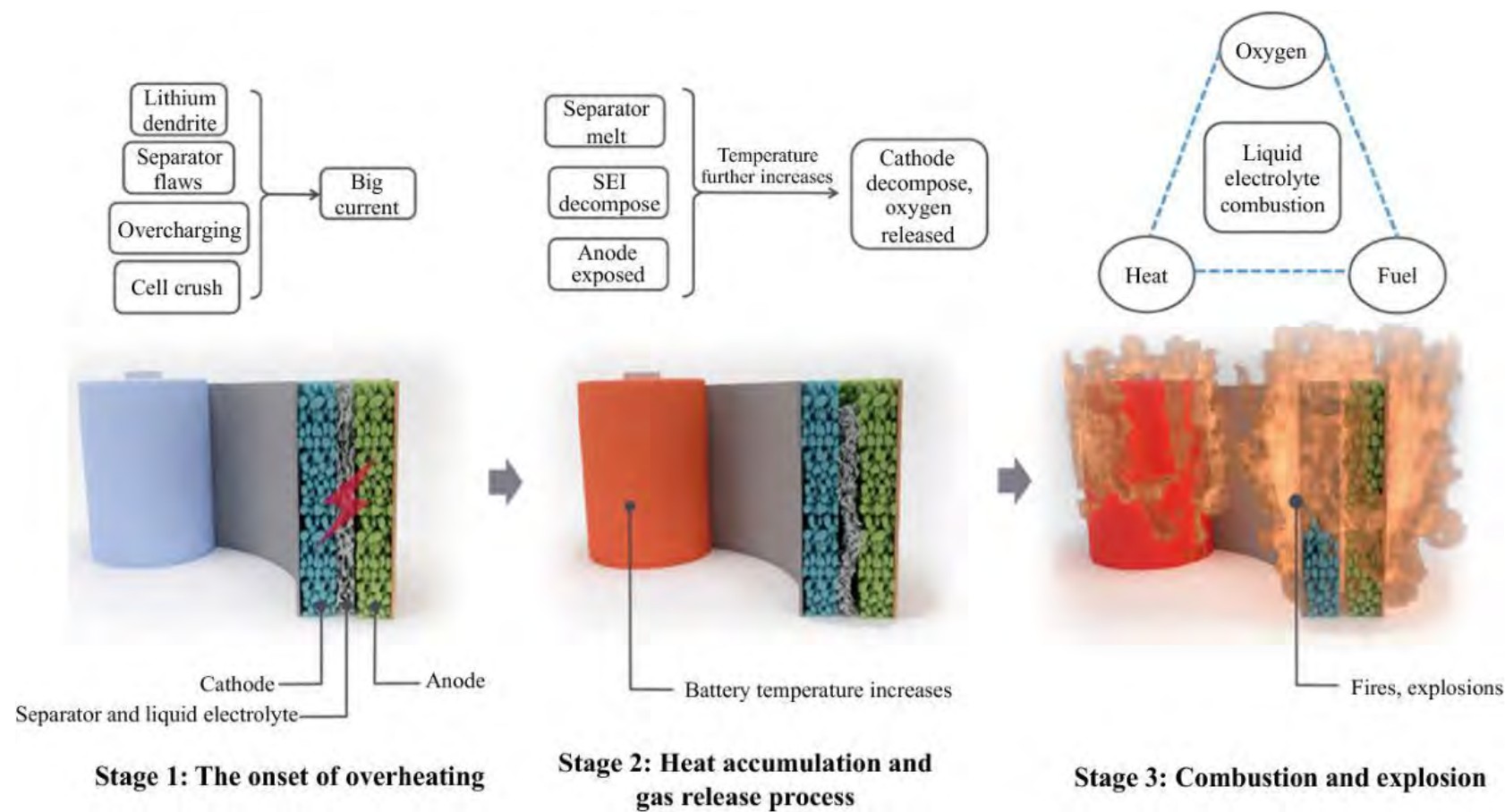
သို့ အပူကူးစက်ကာ မီးလောင်ခြင်းကို ဆိုလိုပါသည်။

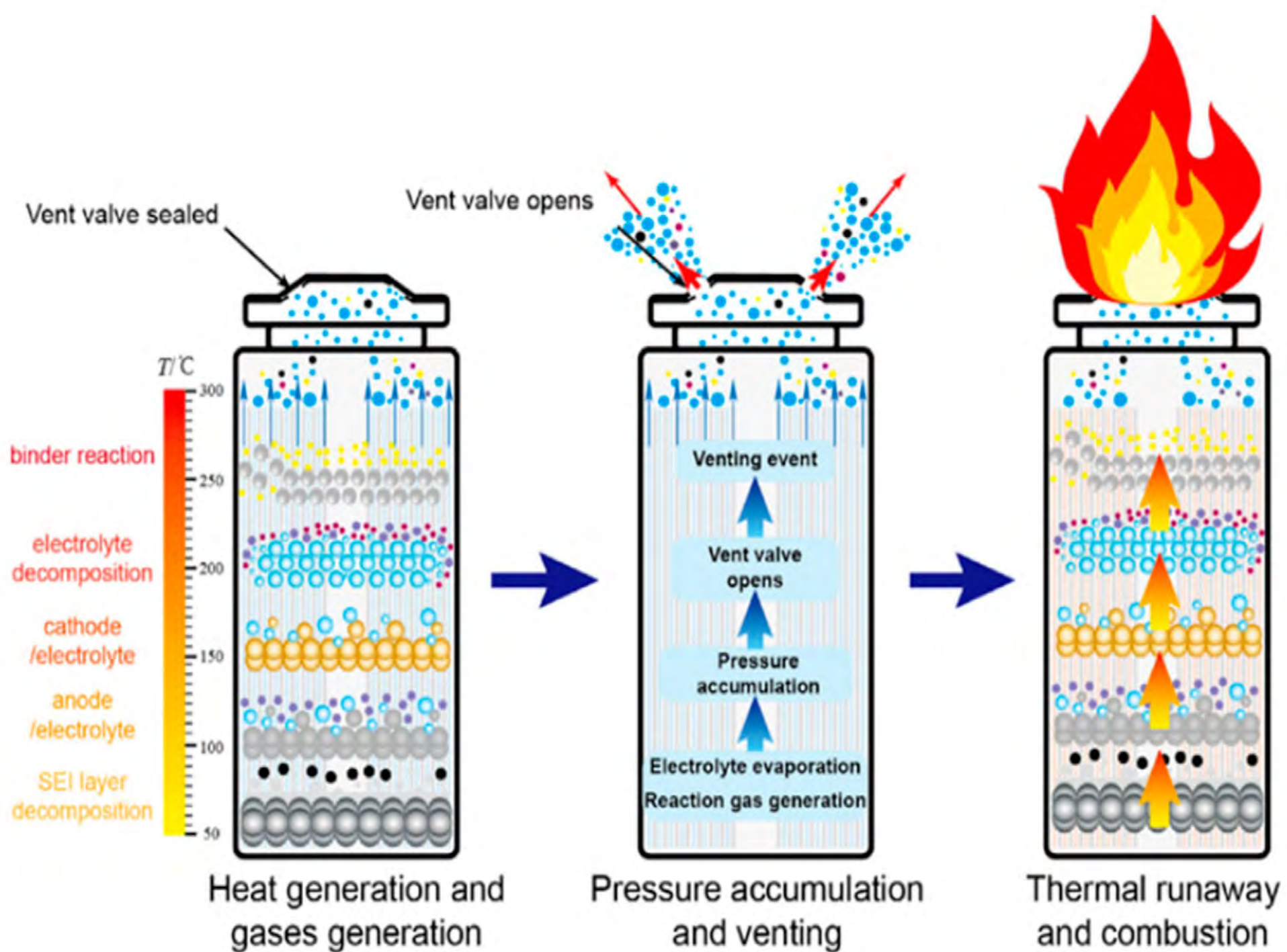
ထိုအခြေအနေတွင် ထွက်လာနိုင်သော ဓာတ်ငွေ့များတွင်

- Hydrogen (H_2)
- Carbon Monoxide (CO)
- Hydrogen Fluoride (HF) (*LiPF₆ electrolyte ပါသော Battery များတွင်*)
- အခြား မီးလောင်လွယ်သော Hydrocarbon Vapors

တို့ ပါဝင်နိုင်သောကြောင့် Battery Room Ventilation နှင့် Fire Protection ကို စနစ်တကျ ဒီဇိုင်းလုပ်ရန် အရေးကြီးပါသည်။

Solar PV + Lithium Battery / BESS တွေမှာ အလွန်အရေးကြီးတဲ့ Fire Safety အကြောင်းပါ။
 အရင်ဆုံး အဓိကအချက်တစ်ခုကို ပြောရရင်—
Thermal Runaway ဖြစ်တာ = Battery တစ်လုံး ပူလာပြီး ကိုယ်တိုင်အပူထုတ်တဲ့ chemical reaction က ထိန်းမရအောင် ဆက်တက်သွားတဲ့ အခြေအနေ ဖြစ်ပါတယ်။
 ဒါကြောင့် မီးကို တစ်ခါငြိမ်းလိုက်ရုံနဲ့ အန္တရာယ်ပြီးသွားပြီ လို့ မယူဆရပါ။ Battery cell အတွင်းမှာ Thermal Runaway ဆက်ဖြစ်နေနိုင်ပြီး ပြန်မီးလောင်ခြင်း (re-ignition) ဖြစ်နိုင်ပါတယ်။





Batteries Thermal runaway



Lithium-ion BESS မှာ Thermal Runaway ဖြစ်တဲ့အခါ Firefighter PPE နဲ့ Firefighting Tactics ကို သာမန် Electrical Fire နဲ့ မတူဘဲ စဉ်းစားရပါတယ်။ အထူးသဖြင့် toxic/flammable off-gas, explosion/deflagration, high temperature, energized/stranded energy, re-ignition တွေက အဓိကအန္တရာယ်တွေပါ။ NFPA 855 ရဲ့ Firefighting Considerations မှာလည်း ESS အတွက် thermal runaway, deflagration, fire detection/suppression/smoke exhaust နဲ့ firefighter response ကို အထူးစဉ်းစားထားပါတယ်။
အောက်ပါအချက်တွေဟာ လေ့ကျင့်သင်ကြားထားတဲ့ Fire Service / Hazmat Team အတွက် Incident Response Framework ဖြစ်ပြီး မလေ့ကျင့်ထားသူက Battery Container ထဲဝင်ပြီး ကိုယ်တိုင်မီးငြိမ်းရန် မဟုတ်ပါ။



1. Turnout Gear ဆိုတာဘာလဲ?

Turnout Gear ဆိုတာ မီးသတ်သမားဝတ်တဲ့ အပူ၊ မီးတောက်၊ ရေငွေ့နှင့် အခြားအန္တရာယ်များမှ ခန္ဓာကိုယ်ကို ကာကွယ်ပေးသော မီးသတ်ဝတ်စုံ ဖြစ်ပါတယ်။



SCBA ဆိုတာဘာလဲ?

SCBA = Self-Contained Breathing Apparatus

ဆိုလိုတာက ပတ်ဝန်းကျင်လေကို မရှူဘဲ ကိုယ်တိုင်သယ်ဆောင်လာတဲ့
Compressed Air Cylinder ထဲက လေကို အသက်ရှူနိုင်တဲ့စနစ် ဖြစ်ပါတယ်။



SCBA က အထူးအရေးကြီးပါတယ်။ Li-ion ESS fire ရဲ့ toxic-gas concentration မြင့်နိုင်ပြီး၊ research-based fire-service guidance က size-up မစခင်တောင် full structural PPE + SCBA ဝတ်ဆင်ရန် အကြံပြုထားပါတယ်။



အထက်ကပုံမှာ မြင်ရတဲ့ **Helmet + Turnout Gear + SCBA** က BESS fire response drill တွေမှာ အသုံးပြုတဲ့ typical firefighter PPE configuration ဖြစ်ပါတယ်။ ဥပမာ Kaohsiung energy-storage fire drill မှာ firefighters တွေက full turnout gear, SCBA နဲ့ hose line အသုံးပြုခဲ့ကြပြီး thermal imaging နဲ့ battery temperature ကို စောင့်ကြည့်ခဲ့ပါတယ်။



Solar PV Panel မီးလောင်မှုမှာ အရေးကြီးဆုံးအချက်က Panel ကို မီးလောင်နေသည့်အချိန်တွင်လည်း နေရောင်ရှိနေသရွေ့ DC voltage ထုတ်နိုင်နေခြင်း ဖြစ်ပါတယ်။ ဒါကြောင့် “AC main breaker OFF” လုပ်လိုက်ရုံနဲ့ PV panel တွေ လုံးဝ dead ဖြစ်သွားတယ်လို့ မယူဆရပါ။

NFPA ရဲ့ လက်ရှိ framework အရ PV fire safety ကို အဓိကအားဖြင့် **NFPA 70 (NEC), Article 690 – Solar Photovoltaic Systems** နဲ့ သက်ဆိုင်ရာ fire/emergency-response standards တွေက ထိန်းချုပ်ပါတယ်။ NFPA 70 ရဲ့ **690.12 Rapid Shutdown** ရည်ရွယ်ချက်ကလည်း firefighters တွေအတွက် PV electrical shock hazard ကို လျော့ချဖို့ ဖြစ်ပါတယ်။







CO₂ / FM-200 / Novec သုံးရင် မီးငြိမ်းမလား?

ဒီအချက်ကို အထူးသတိထားပါ။

CO₂ / Clean Agent

မီးတောက်ကို ခဏတားနိုင်ပါတယ်။

ဒါပေမယ့်—

Battery cell ကို အလုံအလောက် မအေးစေနိုင်ရင် Thermal Runaway ကို မရပ်တန့်နိုင်ပါ။

NFPA research ကလည်း CO₂ / inert gas / smothering တို့က flaming ကို suppress လုပ်နိုင်သော်လည်း cell ကို cool မလုပ်နိုင်ရင် Thermal Runaway propagation ကို မတားနိုင်ကြောင်း ဖော်ပြထားပါတယ်။

ဒါကြောင့် **"FM-200 တပ်ထားပြီ၊ Battery Fire အတွက် အပြည့်အဝ safe ဖြစ်ပြီ"** လို့ မယူဆသင့်ပါ။

BESS Fire Protection ကို—

Detection + Cooling/Suppression + Ventilation + Gas Detection + Explosion Protection + Fire Compartmentation

အဖြစ် System တစ်ခုလုံးနဲ့ Design လုပ်ရပါတယ်။

လူကို အန္တရာယ်ဖြစ်စေတဲ့ ဓာတ်ငွေ့တွေ ထွက်သလား?
ထွက်နိုင်ပါတယ်။ အလွန်အရေးကြီးပါတယ်။

Thermal Runaway အတွင်း Electrolyte decomposition ဖြစ်တဲ့အခါ—

- Hydrogen (H_2)
- Carbon monoxide (CO)
- Carbon dioxide (CO_2)
- Hydrocarbons / volatile organic compounds
- Hydrogen fluoride (HF)

စတဲ့ gases/vapors တွေ ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါတယ်။

အထူးသဖြင့် **flammable gases + toxic gases** နှစ်မျိုးစလုံးကို စဉ်းစားရပါတယ်။ UL 9540A large-scale testing ကလည်း Thermal Runaway မှာ vented gases နဲ့ fire behavior ကို တိုင်းတာစမ်းသပ်ပါတယ်။

Air Conditioner ကို Solar ဖြင့် မောင်းသော အိမ်သုံးနှင့် စက်မှုသုံးစနစ်များတွင် TMS လိုအပ်ပုံ အသေးစား (5–15 kWh Battery)

- Battery Cabinet အတွင်း Temperature Sensor
- BMS
- Ventilation Fan
- လေဝင်/လေထွက် ကောင်းမွန်သော Cabinet
- အခန်းအပူချိန် 30°C အောက်ထားနိုင်လျှင် လုံလောက်သော အခြေအနေများ ရှိသည်။

အလတ်စား (20–100 kWh Battery)

- Temperature Sensor များ
- BMS
- Forced Air Cooling
- Battery Room Ventilation
- လိုအပ်ပါက Dedicated Air Conditioner

အကြီးစား (>100 kWh Battery Energy Storage System)

- Liquid Cooling သို့မဟုတ် Precision Air Conditioning
- Fire Detection
- Gas Detection
- Emergency Ventilation
- Fire Suppression System
- Continuous Monitoring (SCADA/BMS)

Battery အတွက် သင့်လျော်သော Temperature

Battery Temperature

15–30°C

30–35°C

35–45°C

45–55°C

>60°C

>80°C

အခြေအနေ

အကောင်းဆုံး

လက်ခံနိုင်

Cooling လိုအပ်နိုင်

Battery Life လျော့ကျနိုင်

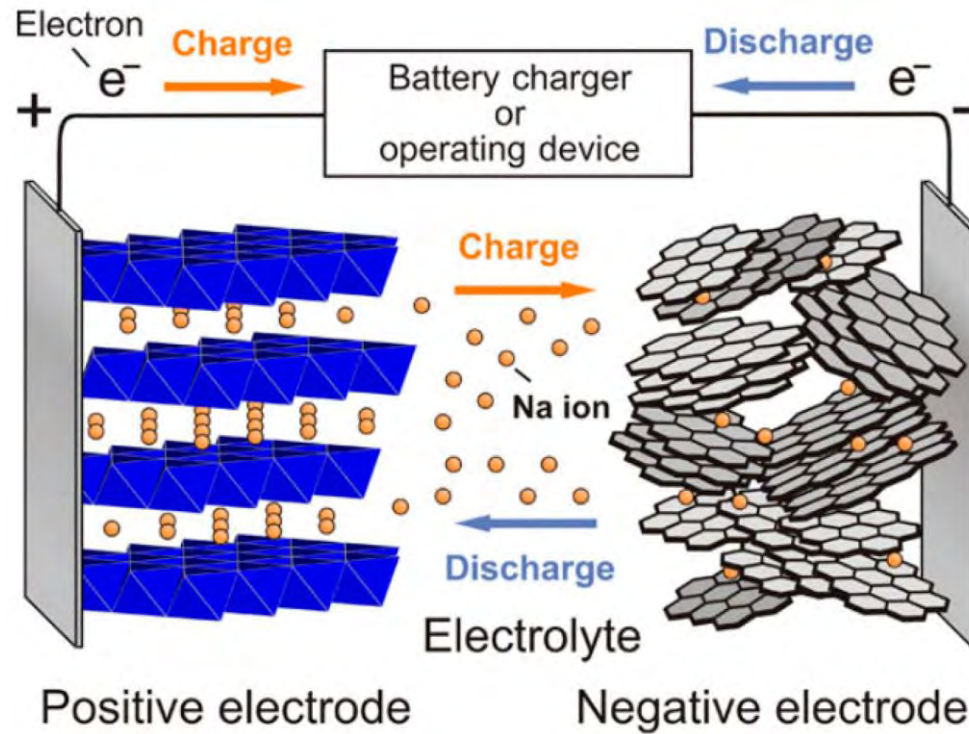
အန္တရာယ်ရှိ

Thermal Runaway ဖြစ်နိုင်ခြေ မြင့်



**230kWh
Liquid-Cooling**

Sodium-Iron Battery” ဆိုတာကို လက်ရှိ Battery Research မှာ chemistry တစ်မျိုးတည်းကို ရည်ညွှန်းတဲ့ standard name မဟုတ်ပါဘူး။ အများအားဖြင့် **Sodium-ion battery (SIB)** ရဲ့ **cathode ကို Iron (Fe)-based phosphate / pyrophosphate material** အသုံးပြုထားတဲ့ battery များကို ဆိုလိုပါတယ်။ အထူးစိတ်ဝင်စားစရာကောင်းတဲ့ material တစ်ခုက **$\text{Na}_4\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2\text{P}_2\text{O}_7$ (NFPP)** ဖြစ်ပါတယ်။



LiFePO_4

→ Lithium-ion သယ်ဆောင်သူ = **Li^+**

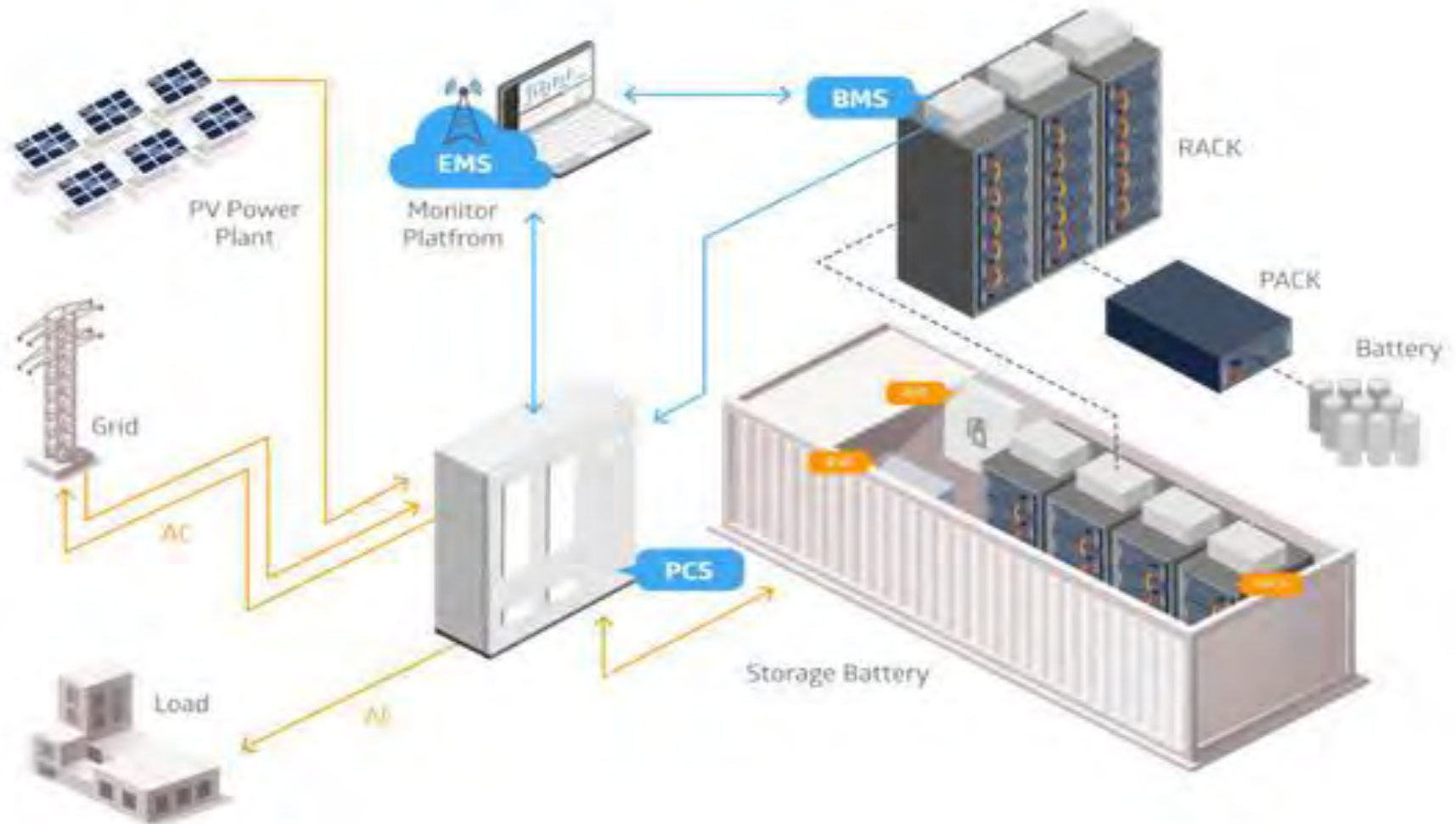
Sodium-Iron Phosphate

→ Sodium-ion သယ်ဆောင်သူ = **Na^+**

အဓိကက **Lithium ကို Sodium** နဲ့ အစားထိုးထားခြင်း ဖြစ်ပြီး cathode framework ထဲမှာ **Iron + Phosphate** ကို အသုံးပြုတာပါ။

BESS = Battery Energy Storage System

BESS (Battery Energy Storage System) ကို ရိုးရိုး “Battery Bank” လို့ မယူဆသင့်ပါဘူး။ Modern Data Center အတွက် BESS ဆိုတာ **Battery + BMS + PCS + EMS + Protection + HVAC + Fire/Gas Detection + Monitoring + Switchgear** စတဲ့ subsystem တွေ ပေါင်းစပ်ထားတဲ့ **Intelligent Energy Storage Plant** တစ်ခုပါ။ U.S. DOE ရဲ့ BESS architecture မှာလည်း Cell → Module → Pack/Rack → BMS → PCS/Inverter → Transformer/Grid အထိ အဆင့်ဆင့်ဖွဲ့စည်းထားပါတယ်။



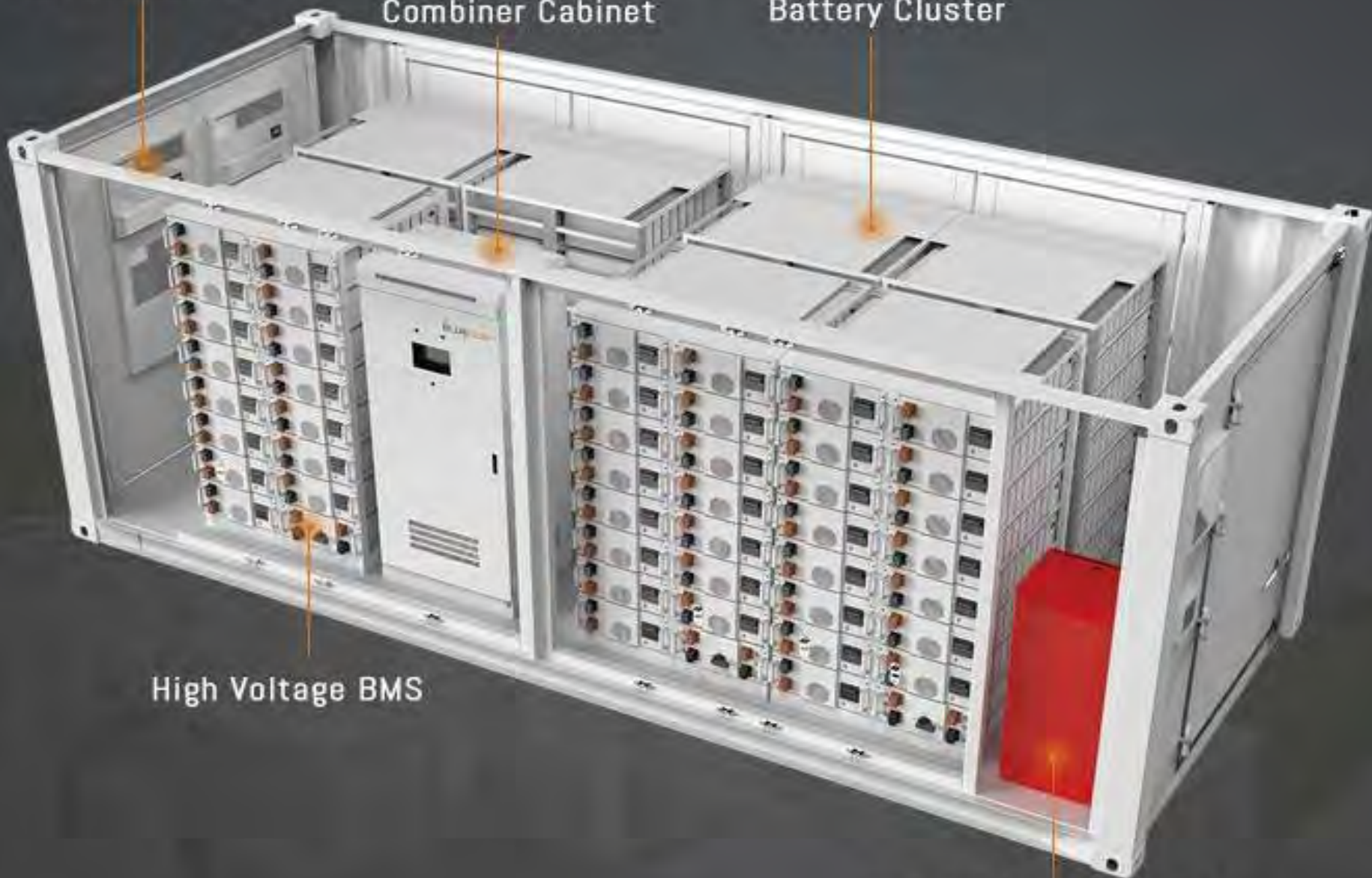
Air Conditioner

Lithium Battery
Combiner Cabinet

215KWH Lithium
Battery Cluster

High Voltage BMS

Fire Fighting System





BESS (Battery Energy Storage System) ဆိုတာ Solar Power System မှာ Battery Bank ကို တစ်လုံးတည်းအဖြစ်မဟုတ်ဘဲ **Battery + BMS + PCS/Inverter + EMS + Protection + Thermal Management + Fire Safety** စတဲ့ အစိတ်အပိုင်းတွေကို ပေါင်းစပ်ထားပြီး လျှပ်စစ်စွမ်းအင်ကို သိုလှောင်၊ ထုတ်ပေး၊ စောင့်ကြည့်၊ ကာကွယ်၊ စီမံခန့်ခွဲပေးတဲ့ **Energy Storage System တစ်ခုလုံး** ကို ခေါ်တာပါ။

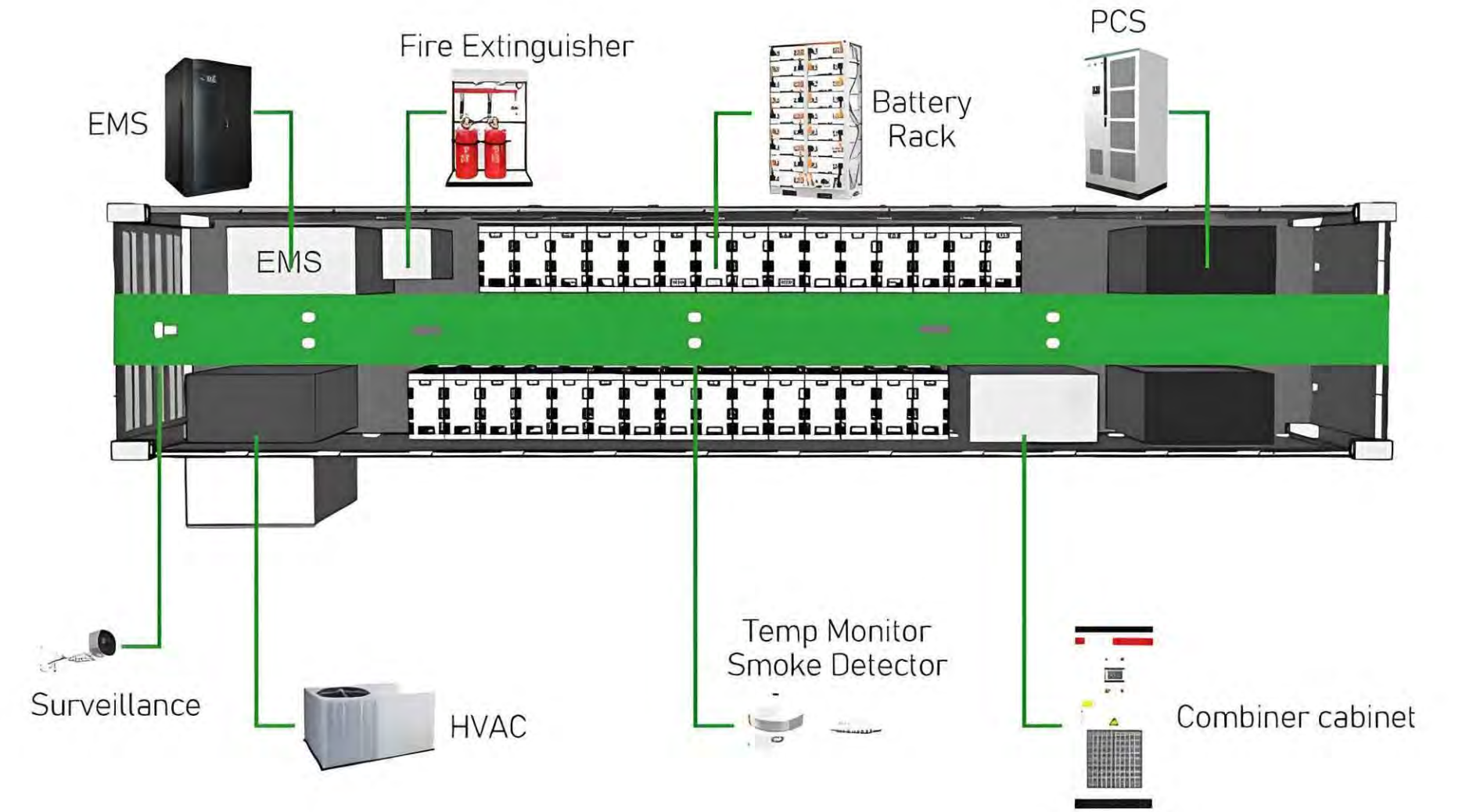
အလွယ်ပြောရရင်—

Battery Bank = လျှပ်စစ်အား သိုလှောင်တဲ့နေရာ

BESS = Battery Bank ကို အားသွင်း/အားထုတ်၊ ကာကွယ်၊ ထိန်းချုပ်ပြီး

Solar/Grid/Load နဲ့ ချိတ်ဆက်ပေးတဲ့ **System တစ်ခုလုံး**

BESS = Battery Energy Storage System ဖြစ်ပြီး မြန်မာလိုဆိုရင် “ဘက်ထရီဖြင့် လျှပ်စစ်စွမ်းအင်ကို သိုလှောင်ပြီး လိုအပ်သည့်အချိန်တွင် ပြန်လည်ထုတ်ပေးသော စနစ်” ဖြစ်ပါတယ်။ BESS က Battery တစ်လုံးတည်းမဟုတ်ဘဲ **Battery + BMS + PCS/Inverter + EMS**



Sodium-Ion Battery — LFP ရဲ့ အရေးကြီးဆုံး ပြိုင်ဘက်

လက်ရှိ 2026 မှာ Sodium-ion က Laboratory technology သာမဟုတ်တော့ဘဲ **commercial product အဖြစ် စတင်အသုံးပြုနေပါပြီ။**

ဥပမာ CATL က **Naxtra Sodium-Ion** ကို mass-production technology အဖြစ် ထုတ်လုပ်ထားပြီး၊ 175 Wh/kg အထိ ရရှိပြီး **10,000 cycles ကျော်** ဆိုတဲ့ specification ကို ထုတ်ပြန်ထားပါတယ်။

ထို့အပြင် CATL က 2026 June မှာ **TENER Sodium BESS** ကို commercial-scale energy storage အတွက် မိတ်ဆက်ထားပါတယ်။

အရေးကြီးဆုံးအားသာချက်က — အအေးပိုင်း performance က LFP ထက်

အလွန်ကောင်းခြင်း ဖြစ်ပါတယ်။ နောက်ဆုံး Sodium-ion generation တွေက -40°C မှာတောင် capacity 90% ဝန်းကျင် ထိန်းထားနိုင်ပါတယ်။
သို့သော်—

Energy density က LFP ထက် နိမ့်နေသေးပါတယ်။

IEA ရဲ့ 2026 data အရ—

- Sodium-ion → up to ~175 Wh/kg
- LFP → up to ~205 Wh/kg
- NMC → up to ~265 Wh/kg

ဒါကြောင့် **Data Center BESS လို stationary application** မှာ Sodium-ion က အလွန်စိတ်ဝင်စားစရာကောင်းပါတယ်။ Weight/volume က EV လောက် အရေးမကြီးလို့ပါ။

LTO — အသက်အရှည်ဆုံး Lithium Battery တစ်မျိုး

ဒါကလည်း အလွန်အရေးကြီးပါတယ်။

LTO = Lithium Titanate

LFP ထက် Energy Density နည်းပေမယ့်—

- Cycle life အလွန်ရှည်
- Charge/Discharge အလွန်မြန်
- Internal resistance နည်း
- Thermal stability ကောင်း
- High C-rate operation ကောင်း
- Frequent charge/discharge အတွက် အလွန်သင့်တော်

2026 comparative research တစ်ခုမှာ LTO က **coulombic efficiency >99.5%** နဲ့ internal resistance အလွန်တည်ငြိမ်ပြီး exceptional cycling stability ရှိကြောင်း တွေ့ရှိထားပါတယ်။

ဒါကြောင့်—

Frequency regulation / UPS / Data Center / High-cycle BESS

Solid-State Battery

ပုံမှန် Li-ion/LFP မှာ liquid electrolyte

အသုံးပြုသော်လည်း Solid-State Battery မှာ solid electrolyte အသုံးပြုပါတယ်။

အကျိုးကျေးဇူးတွေက—

**Higher Energy Density

- Better Safety

- Potentially Longer Life

- Higher Voltage

- Lithium-metal Anode possibility**

ဖြစ်ပါတယ်။

Sodium-ion

နောင်နှစ်များမှာ Data Center BESS အတွက် LFP ရဲ့ အဓိကပြိုင်ဘက် ဖြစ်လာနိုင်ပါတယ်။
အထူးသဖြင့်—

Safety + Low cost + Long life + Resource availability

ကို ဦးစားပေးရင် အလွန်ကောင်းပါတယ်။

CATL ကိုယ်တိုင်လည်း Sodium-ion ကို grid/storage infrastructure အတွက် commercial scale သို့ ရွေးနေပြီဖြစ်ပါတယ်။

PUE = Power Usage Effectiveness

Data Center Design မှာ PUE = 1.40 လို့ယူတာက အလွန်အရေးကြီးတဲ့ Design Basis တစ်ခုပါ။ အလွယ်ပြောရရင်—
IT Equipment က 1.00 kW သုံးနေတဲ့အချိန် Data Center တစ်ခုလုံးက ပျမ်းမျှ 1.40 kW သုံးနေတယ် လို့ ဆိုလိုပါတယ်။

1. PUE ဆိုတာဘာလဲ?

PUE = Power Usage Effectiveness

$$\text{PUE} = \frac{\text{IT Equipment Power} + \text{Total Data Center Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}}$$

Data Center ရဲ့ Total Facility Power ထဲမှာ—

- Server / IT Equipment
 - UPS losses
 - Cooling / Chiller / CRAH
 - Pumps
 - Cooling Towers
 - Fans
 - Lighting
 - BMS / Controls
 - Electrical distribution losses
 - အခြား supporting systems
- တွေ ပါဝင်ပါတယ်။

2. PUE = 1.40 ဆိုတာ ဘယ်လိုအဓိပ္ပါယ်လဲ?

ဥပမာ **IT Load = 1 MW** ဆိုပါစို့။

PUE = 1.40 ဖြစ်ရင်—

$$\text{Total Facility Power} = 1.0\text{MW} \times 1.40 = 1.40\text{MW}$$

Total Facility Power

IT Load =

1,000 kW

PUE = **1.40**

ထို့ကြောင့်

Total Facility Power = PUE × IT Load = $1.40 \times 1,000 = 1,400$ kW

ဒါကြောင့် Data Center Full Load အချိန်မှာ—

IT = 1,000 kW

Facility overhead = 400 kW

Total = 1,400 kW

ဖြစ်ပါတယ်။

Cooling Load	kW
IT Equipment Heat	1,000
UPS/Electrical Losses	40
Lighting	25
People	15
Envelope/Fresh Air	20
Safety Margin	100
Design Cooling Load	1,200 kW

ACMV / Chiller Load Calculation

Data Center မှာ IT equipment သုံးတဲ့ လျှပ်စစ်စွမ်းအင်အများစုက နောက်ဆုံးမှာ **heat** အဖြစ်ပြောင်းသွားပါတယ်။

1 kWIT≈1 kWheat

ဒါကြောင့် IT heat load ≈1,000 kW ဖြစ်ပါတယ်။

ထို့အပြင် UPS losses, lighting, people, electrical equipment စတဲ့ heat load တွေရှိပါတယ်။

Preliminary Cooling Load

Cooling load ≈ **1,200 kW**

Cooling tons: TR=3.517kW TR=3.5171,200 341 TR

ထို့ကြောင့် **~350 TR cooling plant** ကို preliminary basis အဖြစ်ယူနိုင်ပါတယ်။

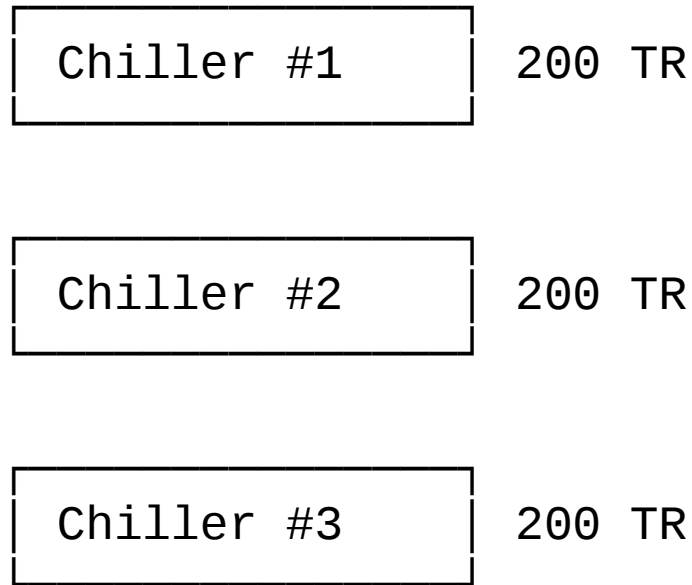
Chiller Plant Selection

Data Center ဖြစ်တဲ့အတွက် N+1 redundancy အကြံပြုပါတယ်။
ဥပမာ—

Option A

3 × 200 TR Water-Cooled Chiller

CHILLER PLANT



N + 1

Normal operation:

2 × 200 TR = 400 TR available

One chiller standby ဖြစ်ပါတယ်။

ဒါက 350 TR design load ကို redundancy အနေနဲ့ ကောင်းကောင်း
cover လုပ်နိုင်ပါတယ်။

Chiller Electrical Power

Water-cooled high-efficiency chiller ကို preliminary—

COP=5.5

ဟုယူပါမယ်။

Cooling = 1,200 kW

Pchiller=5.51,200 =218 kW

Chiller compressor ≈ **218 kW**

ထပ်ပေါင်း—

ဒါကြောင့် PUE 1.40 ရဲ့ 400 kW non-IT allowance ထဲမှာ ACMV ~300 kW ဝန်းကျင်ဝင်နိုင်ပါတယ်။

Equipment	Approx. Power
Chiller Compressor	218 kW
CHW Pumps	25 kW
Condenser Pumps	20 kW
Cooling Tower Fans	15 kW
CRAH Fans	25 kW
Total ACMV	303 kW

PUE Improvement

ကျွန်တော်တို့ရဲ့ initial PUE = **1.40**

Solar တပ်တာက PUE ကို တိုက်ရိုက်လျှော့တာမဟုတ်ပါဘူး။

PUE လျှော့ချဖို့—

- High COP Chiller
- Variable Primary Flow
- VFD CHW Pump
- VFD Condenser Pump
- VFD Cooling Tower Fan
- EC/Variable-speed CRAH
- Hot Aisle Containment
- Cold Aisle Containment
- Higher chilled-water temperature where allowable
- BMS optimization
- Free cooling / dry cooler where climate permits
- Liquid cooling for high-density AI racks

တို့ကို အသုံးပြုရပါမယ်။

ဥပမာ PUE ကို—

1.40→1.30

လျှော့နိုင်ရင်—

$1.30 \times 1,000 = 1,300 \text{ kW}$

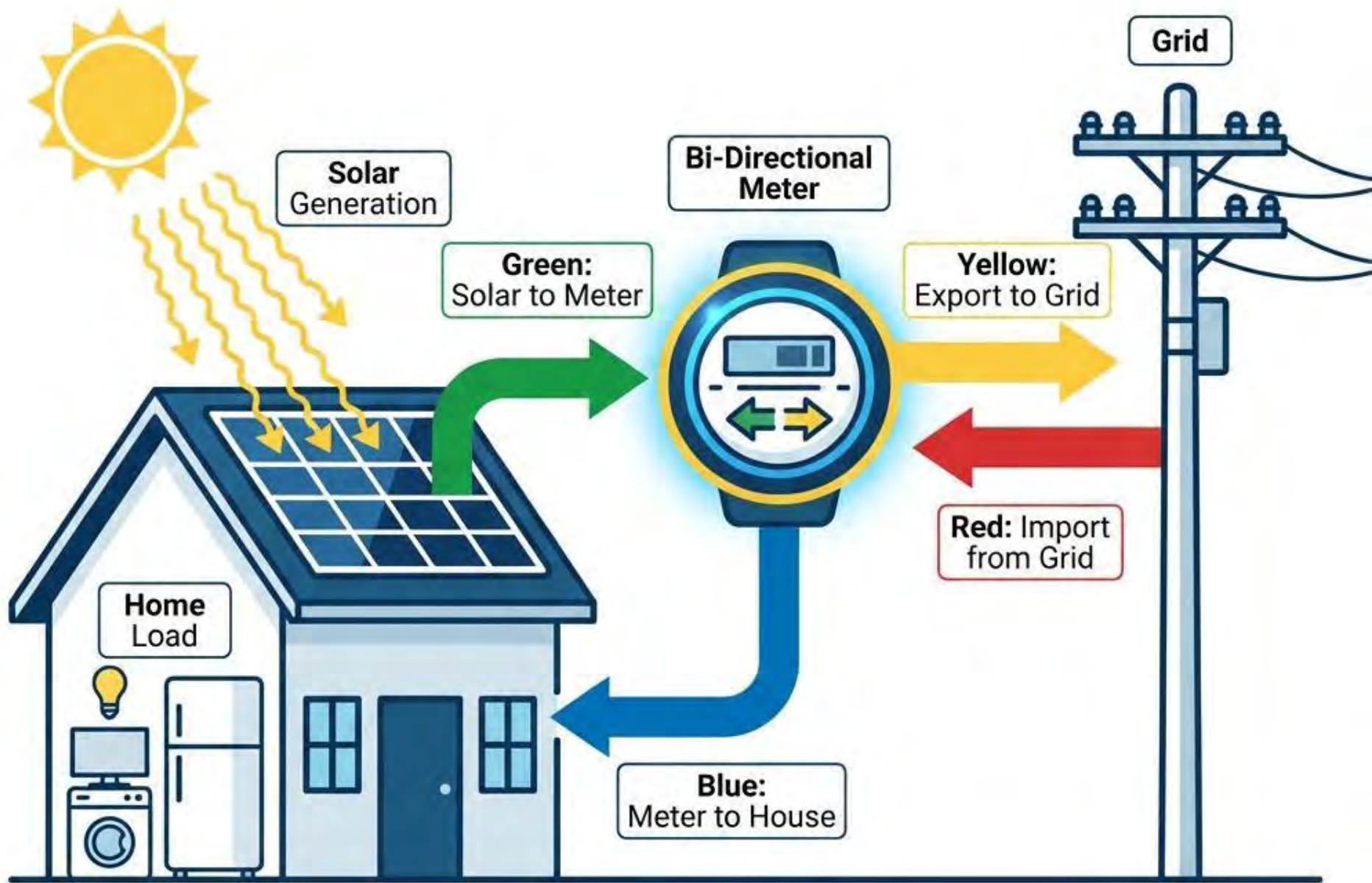
ဖြစ်ပြီး Facility Power **100 kW** ခန့် လျော့သွားပါတယ်။

ခေတ်သစ် AI Data Center တွေမှာ liquid cooling / high-temperature cooling အသုံးပြုခြင်းက PUE လျှော့ချနိုင်တဲ့ အရေးကြီးတဲ့နည်းလမ်းတစ်ခုဖြစ်လာပါတယ်။

Modern Data Center မှာ Thermal Energy Storage (TES) / Chilled-Water Storage Tank
က အရေးပါတဲ့ technology တစ်ခုပါ။ ဒါပေမယ့် “လျှပ်စစ်ယူနစ် (kWh) ကို
တိုက်ရိုက်အများကြီးလျှော့ပေးတဲ့စနစ်” လို့ နားလည်ရင် မမှန်ပါဘူး။ အဓိကက **Cooling**
Load ကို အချိန်ရွှေ့ခြင်း (Load Shifting), **Peak Power** လျှော့ခြင်း, **Backup/Resilience**
ဖြစ်ပါတယ်။ ASHRAE နဲ့ U.S. DOE တို့က Data Center တွေအတွက် TES ကို
ဒီရည်ရွယ်ချက်တွေအတွက် အသုံးပြုနိုင်ကြောင်း ဖော်ပြထားပါတယ်။



Bi-Directional Meter



Bidirectional Smart Meter / Import–Export Meter

3 Meter က လျှပ်စစ်စီးဆင်းမှု Direction နှစ်မျိုး ကို ခွဲပြီး တိုင်းတာပါတယ်။

ဥပမာ—

Solar PV = 100 kW

Building Load = 60 kW

ဖြစ်ရင် $100 - 60 = 40 \text{ kW}$ ကို Grid ထဲ ပြန်ပို့နိုင်ပါတယ်။

Power Flow

Grid → Building

Solar → Building

Solar → Grid

Grid → Battery

Battery → Building/Grid

Meter မှတ်တမ်း

Import kWh

Self-consumption

Export kWh

Import/Charge

Export/Discharge

အဓိပ္ပါယ်

Grid ကနေ ဝယ်သုံးတဲ့ လျှပ်စစ်

ကိုယ်တိုင်သုံးတဲ့ Solar

Grid ထဲ ပြန်ရောင်းတဲ့ Solar

Grid ကနေ Battery charge

Battery ကနေ Load/Grid သို့

EFFECTS OF HARMONICS ON DIFFERENT VFD SETUPS

(Data shown below taken at rated power)



Standard
AC drive



88%
Current distortion

0.75
Power factor

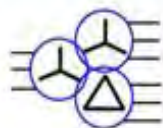


Standard
AC drive
with DC
reactor



33%
Current distortion

0.9
Power factor



12-pulse
system with
Standard
AC drive



7 - 12%
Current distortion

0.95
Power factor



Matrix Drive
(AC to AC
Conversion)



3 - 5%
Current distortion

0.98
Power factor

Thank you for your Attention