

AIR CONDITIONING AND MECHANICAL VENTILATION VOLUME ONE

မာတိကာ

Chapter - 1 Fundamental and Basic Concept

၁.၁ ယူနစ်များ (Units of Measurement)	1-1
၁.၂ Atmospheric Pressure ၊ Absolute Pressure ၊ Gauge Pressure and Vacuum Pressure	1-1
၁.၂.၁ Pressure of Liquid Column သို့မဟုတ် Head	1-5
၁.၃ အပူ(heat)နှင့် အပူချိန်(temperature)	1-7
၁.၃.၁ ခြိပ်ဝတ္ထုများ၏ အနိမ့်ဆုံး အပူချိန် (Absolute Zero)	1-7
၁.၃.၂ Absolute Temperature စကေး(Scale)	1-8
၁.၄ အပူချိန်(Temperature) ပြောင်းခြင်းကြောင့် လေထုထည်(Volume) ပြောင်းလဲခြင်း	1-9
၁.၅ ဖိအား(Pressure) ပြောင်းလဲခြင်းကြောင့် လေထုထည်(Volume) ပြောင်းလဲခြင်း	1-11
၁.၆ Enthalpy	1-12
၁.၇ Sensible Heat and Latent Heat	1-14
၁.၈ အပူ(Heat)ကို တိုင်းတာသည့် ယူနစ်များ	1-18
၁.၉ ရေ၏အသွင်ပြောင်းလဲမှုများ (Phase Change of Water)	1-20
၁.၁၀ စတင် အရည်ပျော်သည့် အပူချိန် (Melting Temperature)	1-21
၁.၁၁ စတင်ဆူပွက်သည့် အပူချိန်(Boiling Point)	1-21
၁.၁၂ Condensation Temperature	1-21
၁.၁၃ Solidification Temperature	1-21
၁.၁၄ Saturated ၊ Subcooled နှင့် Superheated	1-27
၁.၁၅ Saturated Property Table (Steam Table)	1-28

Chapter - 2 Understanding Psychrometrics

၂.၁ Psychrometric နိဒါန်း	2-1
၂.၁.၁ ရေငွေ့ပျံ့ခြင်း(evaporation)	2-5
၂.၁.၂ အငွေ့မှ အရည်အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲခြင်း (Condensation)	2-5
၂.၂ လေကို စံအဖြစ် သတ်မှတ်ခြင်း(Standard Air)	2-5
၂.၃ အပူ သိုလှောင်နိုင်စွမ်း (Specific Heat of Air)	2-6
၂.၄ ဖိအားများနှင့် သက်ဆိုင်သည့် Dalton's Law	2-8
၂.၅ Psychrometric Chart ပေါ်ရှိလှိုင်းများ	2-9
၂.၅.၁ Dry Bulb အပူချိန်(Temperature)လှိုင်းများ	2-9
၂.၅.၂ Wet Bulb အပူချိန်(Temperature)လှိုင်းများ	2-10
၂.၅.၃ Dew Point အပူချိန်(Temperature)	2-12
၂.၅.၄ အေးသည့် မျက်နှာပြင်များပေါ်၌ Condensation ဖြစ်ပေါ်ခြင်း	2-16
၂.၅.၅ Humidity Ratio လှိုင်းများ	2-18
၂.၅.၆ Relative Humidity လှိုင်းများ	2-18
၂.၅.၇ လေတစ်ယူနစ်၏ ထုထည်(Specific Volume)	2-22
၂.၅.၈ လေမှ သိုလှောင်ထားသည့် အပူစွမ်းအင် (Enthalpy) လှိုင်းများ	2-23
၂.၆ Sensible Heat ပြောင်းလဲခြင်း(Cooling နှင့် Heating)	2-26
၂.၇ Latent Heat ပြောင်းလဲခြင်း (Humidification နှင့် Dehumidification)	2-26

၂.၈ Sensible နှင့် Latent Process နှစ်မျိုး တစ်ပြိုင်နက် ဖြစ်ပေါ်ခြင်း	2-30
၂.၉ Air Mixing Process	2-38
၂.၁၀ Determining Supply Air Condition	2-38
၂.၁၂ Psychrometric Analysis	2-44
၂.၁၃ Contact Factor (CF), Bypass Factor (BF) နှင့် Effective Surface Temperature (EST)	2-47
၂.၁၄ Reheat လုပ်ခြင်း	2-49
၂.၁၅ Fan မှ ထွက်သော အပူ(Heat)များကြောင့် Fan Heat Gain (FHG) ဖြစ်ပေါ်ခြင်း	2-49
၂.၁၆ Water Spray into Air Steam (Adiabatic Saturation)	2-51
၂.၁၇ Steam Injection	2-52
၂.၁၈ Chilled Water Air Washer	2-53
၂.၁၉ လေ့ကျင့်ရန် ပုစ္ဆာများ	2-54

Chapter - 3 Air Handling Units

၃.၁ Air Handling Unit (AHU) အမျိုးအစားများ	3-1
၃.၂ AHU ၏ အစိတ်အပိုင်း(Component)များ	3-3
၃.၂.၁ Mixing Box	3-3
၃.၂.၂ လေစစ် (Air Filter)	3-4
၃.၂.၃ Heating Coil	3-6
၃.၂.၄ Cooling Coil	3-6
၃.၂.၅ Humidifier	3-6
၃.၂.၆ Fan သို့မဟုတ် Blower	3-6
၃.၃ Air Handling Unit Technical Data များ	3-6
၃.၄ Air Handling Unit နှင့် Fire Mode	3-10
၃.၅ Cooling Coils နှင့် Heating Coils	3-11
၃.၅.၁ Direct Expansion Coil(DX Coil)	3-12
၃.၅.၂ Chilled Water Cooling Coil	3-13
၃.၅.၃ Hot Water Heating Coil	3-14
၃.၅.၄ Steam Heating Coil	3-14
၃.၆ Coil အရွယ်အစား (Size)	3-15
၃.၇ AHU Cooling Coil တည်ဆောက်ပုံ	3-16
၃.၇.၁ Coil ၏ Row နှင့် Fin များ	3-17
၃.၈ Dry Coil နှင့် Wet Coil	3-19
၃.၉ AHU Cooling Coil Specification	3-20
၃.၁၀ Sensible Capacity ၊ Latent Capacity နှင့် Total Capacity	3-24
၃.၁၁ Cooling Coil Header Connection	3-26
၃.၁၂ AHU နှင့် အတူ တပ်ဆင်ရမည့် Pipe ၊ Fitting နှင့် Device များ	3-27
၃.၁၂.၁ (A) Gate Valves	3-28
၃.၁၂.၂ (B) Pressure Gauge	3-28
၃.၁၂.၃ (C) Temperature Gauge သို့မဟုတ် Thermometer	3-29
၃.၁၂.၄ (D) Strainer	3-29
၃.၁၂.၅ (E) Balancing Valve	3-29
၃.၁၂.၆ (F) Chilled Water Control Valve သို့ Modulating Valve	3-29
၃.၁၃ AHU နှင့် FCU Drain ပိုက်များ	3-30

၃.၁၄ Air Handling Unit (AHU) နှင့် သက်ဆိုင်သည့် စည်းမျဉ်း(Code)များ	3-31
၃.၁၄.၁ AHU Fan System Design Criteria	3-31
၃.၁၅ VAV AHU တစ်လုံး ၏ Controller နှင့် Control Logic	3-33
၃.၁၅.၁ Description of DDC Inputs and Outputs	3-34
၃.၁၅.၂ DDC Terminal Block Assignment (UAH2484L)	3-38
၃.၁၅.၃ AHU Control Logic	3-38

Chapter - 4 Cooling Towers

၄.၁ Introduction	4-1
၄.၂ Cooling Tower နှင့်သက်ဆိုင်သော အခေါ်အဝေါ်များ(Technical Terms)	4-2
၄.၃ Condenser Water Piping Configuration	4-4
၄.၃.၁ One to One System (Individual System)	4-5
၄.၃.၂ Common Condenser water Header at Chiller and Cooling Tower	4-6
၄.၃.၃ Common Condenser Water Header at Cooling Tower	4-6
၄.၄ Classification of Cooling Towers	4-7
၄.၅ Cross Flow Tower နှင့် Counter Flow Tower တို့၏ အားနည်းချက် နှင့် အားသာချက်များ	4-9
၄.၆ Direct Contact သို့မဟုတ် Open Cooling Tower နှင့် Closed Circuit Cooling Tower	4-10
၄.၇ Cooling Tower ၌ ပါဝင်သည့် အစိတ်အပိုင်း(Component)များ	4-12
၄.၈ အလုပ်လုပ်ပုံ (Principle of Operation)	4-17
၄.၉ ဒီဇိုင်း အခြေအနေများ (Design Conditions)	4-21
၄.၁၀ Cooling Tower Heat Transfer	4-22
၄.၁၁ Cooling Tower Performance Factors	4-24
၄.၁၂ Condenser Water Flow Rate	4-25
၄.၁၃ စုပ်ယူသည့် အပူနှင့် စွန့်ထုတ်သည့် အပူပမာဏ တူညီခြင်း (Heat Balancing)	4-26
၄.၁၄ ရွေးချယ်ရာတွင် ထည့်သွင်း စဉ်းစားရမည့် အချက်များ (Selection Consideration)	4-28
၄.၁၅ အရွယ်အစား ရွေးချယ်ခြင်း (Cooling Tower Sizing)	4-30
၄.၁၆ တပ်ဆင်ခြင်း (Installation of Cooling Tower)	4-31
၄.၁၇ Capacity Control	4-32
၄.၁၈ Condenser Water Temperature Reset	4-36
၄.၁၉ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း(Maintenance)	4-38
၄.၂၀ Make Up Water	4-38
၄.၂၁ ဖြည့်ရေကန် အရွယ်အစား တွက်ချက်ခြင်း (Makeup Water Tank Size)	4-41
၄.၂၂ Cooling Tower Piping	4-43
၄.၂၃ လေ့ကျင့်ရန် မေးခွန်း နှင့် အဖြေများ	4-43

Chapter - 5 Air Distribution Systems

၅.၁ Duct အမျိုးအစားများ(Types)	5-3
၅.၁.၁ Duct ပုံသဏ္ဍာန် (Shapes of Air Duct)	5-3
၅.၁.၂ Flexible Connection သို့မဟုတ် Flexible Duct	5-3
၅.၁.၃ Vertical Duct and Horizontal Duct	5-4
၅.၁.၄ Supply Air Duct ၊ Return Air Duct and Outdoor Air Duct	5-4
၅.၁.၅ Duct Layout	5-5
၅.၂ Duct System များကို အဆင့်အတန်း(Classification) ခွဲခြား သတ်မှတ်ခြင်း	5-6

၅.၃ Duct များ ပြုလုပ်ခြင်း (Duct Construction)	5-8
၅.၃.၁ Duct ပြုလုပ်ရန် ပစ္စည်းအမျိုးအစား ရွေးချယ်ခြင်း (Ductwork Materials)	5-10
၅.၃.၂ Duct Seal	5-11
၅.၃.၃ Duct အပြင်ဘက်၌ Insulation ပြုလုပ်ထားခြင်း (External Insulation)	5-14
၅.၃.၄ Duct အတွင်း၌ Insulation ပြုလုပ်ထားခြင်း (Internal Insulation)	5-15
၅.၃.၅ Access Doors	5-16
၅.၃.၆ Duct Test Holes	5-16
၅.၃.၇ Duct fittings	5-16
၅.၄ Duct Support နှင့် Hanger	5-17
၅.၅ Duct Properties	5-19
၅.၅.၁ Duct Heat Gain သို့မဟုတ် Duct Heat Loss	5-19
၅.၅.၂ Aspect Ratio	5-19
၅.၅.၃ ဆူညံသံများကို ထိန်းချုပ်ခြင်း (Sound Control)	5-20
၅.၅.၄ လေယိုစိမ့်မှု (Duct leakage)	5-22
၅.၅.၅ SMACNA Ductwork Testing	5-23
၅.၆ Duct အရွယ်အစား ရွေးချယ်နည်း (Sizing) အမျိုးမျိုး	5-24
၅.၆.၁ Duct အရွယ်အစား(Sizing) တွက်နည်းများ	5-24
၅.၆.၂ ပွတ်တိုက်မှုကြောင့် ဖြစ်ပေါ်သော ဖိအားဆုံးရှုံးမှု(Friction Losses in Duct)	5-27
၅.၆.၃ Head and Pressure	5-27
၅.၆.၄ Friction Chart မှ ဖိအားကျဆင်းမှု(Pressure Drop) တွက်ယူနည်း	5-29
၅.၆.၅ Calculation for Duct Static Pressure Loss by Formula	5-31
၅.၇ Duct ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ခြင်း (Duct Design)	5-35
၅.၇.၁ Design လုပ်ရန်အတွက် လိုအပ်သော အချက်အလက်များ (information)	5-35
၅.၇.၂ Duct Design Criteria	5-37
၅.၇.၃ Design Procedure	5-37
၅.၈ Fire Dampers	5-39
၅.၈.၁ Fire Compartments	5-39
၅.၈.၂ Fire Damper တည်ဆောက်ထားပုံ	5-41
၅.၈.၃ Standard Fire Damper သို့မဟုတ် Static Fire Damper	5-41
၅.၈.၄ Fire damper များကြောင့် ဖိအားကျဆင်းမှု(Pressure Drop)ဖြစ်ပေါ်ခြင်း	5-41
၅.၉ Control Dampers	5-42
၅.၉.၁ (က) Two Position Duty	5-46
၅.၉.၂ (ခ) Capacity Control Duty	5-49
၅.၉.၃ (ဂ) Mixing duty	5-52
၅.၁၀ Air Distribution Devices	5-54
၅.၁၀.၁ Air Pattern အမျိုးမျိုး	5-54
၅.၁၀.၂ Air Diffuser အမျိုးမျိုး	5-58
၅.၁၀.၃ Diffuser အမျိုးမျိုးတို့၏ Characteristic Length	5-60
၅.၁၀.၄ လေထွက်ပေါက်(Air Outlet)မှ ဖြစ်ပေါ်သည့် ဆူညံသံ(Noise Level)	5-60
၅.၁၀.၅ Plenum Slot Diffuser မှ ဖြစ်ပေါ်လာသည့် ဆူညံသံများကို နှိုင်းယှဉ် ဖော်ပြခြင်း	5-60
၅.၁၁ Duct Cleaning	5-61

Chapter - 6 Fans and Blowers

၆.၁ Total Pressure ၊ Static Pressure and Velocity Pressure	6-1
၆.၂ Positive Pressure Duct and Negative Pressure Duct	6-3
၆.၃ Duct အတွင်းရှိ လေ၏ Velocity Profile	6-4
၆.၄ Fan နှင့် သက်ဆိုင်သည့် ဝေါဟာရများ	6-5
၆.၅ Fan Equations	6-6
၆.၅.၁ Fan Pressure and Velocity Relationship	6-7
၆.၅.၂ Fan Efficiency	6-8
၆.၆ Fan အမျိုးအစားများ	6-9
၆.၆.၁ Fan နှင့် Blower တို့၏ ခြားနားချက်	6-10
၆.၆.၂ Fan Rating နှင့် အဆင့်အတန်း(Class)	6-10
၆.၆.၃ Overloading Fan and Non Overloading Fan	6-11
၆.၇ Axial Fan များ	6-12
၆.၇.၁ Axial Fan များ အလုပ်လုပ်ပုံ(Principle of Operation)	6-12
၆.၇.၂ Axial Fan Impeller Design	6-13
၆.၇.၃ Axial Fan ၏ စွမ်းဆောင်ရည်(Performance)	6-14
၆.၈ Centrifugal Fan များ	6-15
၆.၈.၁ Centrifugal Fan များ အလုပ်လုပ်ပုံ(Principle of Operation)	6-16
၆.၈.၂ Centrifugal Fan များ၏ Impeller နှင့် Blade Design များ	6-20
၆.၈.၃ Centrifugal Fan ၏ Velocity Triangle	6-24
၆.၈.၄ Centrifugal Fan Arrangement	6-25
၆.၉ Stall ဖြစ်ခြင်း ၊ Stall Region နှင့် Stall Characteristics	6-26
၆.၁၀ System အတွင်း၌ ဖြစ်ပေါ်သော လေခုခံအား (System Resistance)	6-28
၆.၁၀.၁ System Resistance Curve ပြောင်းလဲပုံ	6-28
၆.၁၀.၂ Duct System ရှိ Damper များကြောင့် System Curve ပြောင်းလဲပုံ	6-29
၆.၁၀.၃ လေစစ်(Air Filter)များ ကြောင့် System Curve ပြောင်းလဲပုံ	6-30
၆.၁၁ Fan Performance Curve သို့မဟုတ် Pressure - Volume Curve	6-31
၆.၁၂ Fan Law (သို့မဟုတ်) Law Of Fan Performance	6-34
၆.၁၃ Fan Curves နှင့် System Resistance Curves	6-37
၆.၁၄ Design Operating Point နှင့် Actual Operating Point	6-40
၆.၁၅ Fan Control	6-41
၆.၁၅.၁ မြန်နှုန်း(Speed) ပြောင်း၍ Control လုပ်ခြင်း	6-43
၆.၁၅.၂ System Damper ဖြင့် Control လုပ်ခြင်း	6-43
၆.၁၅.၃ Inlet Louver Damper နှင့် Inlet Guide Vane (IGV) ဖြင့် Control လုပ်ခြင်း	6-43
၆.၁၆ Multiple Fan Systems - Fans in Series and Parallel	6-45
၆.၁၆.၁ Two Fans in Series	6-47
၆.၁၆.၂ Two Fans in Parallel	6-47
၆.၁၆.၃ Additional Consideration	6-49
၆.၁၆.၄ Isolation Damper အမျိုးအစားများ	6-49
၆.၁၆.၅ Review	6-50

၆.၁၇ လေ၏ သိပ်သည်းဆကြောင့် Fan ၏ စွမ်းဆောင်ရည်(Performance)ပြောင်းလဲခြင်း	6-51
၆.၁၈ Noise Consideration	6-53
၆.၁၉ Fan Selection Criteria	6-54
၆.၂၀ မေးခွန်း နှင့် အဖြေများ	6-54

Chapter - 7 Ventilation

၇.၁ လေအရည်အသွေး (Indoor Air Quality)	7-1
၇.၁.၁ လေအရည်အသွေး(IAQ) ညံ့ဖျင်းသည့် အကြောင်းများ (Causes of Poor IAQ)	7-1
၇.၁.၂ လေအရည်အသွေး(IAQ) ကောင်းမွန်အောင် ထိန်းသိမ်းနည်းများ (IAQ Control Methods)	7-2
၇.၁.၃ လေအရည်အသွေး(IAQ) အပေါ် အကျိုးသက်ရောက်နိုင်သည့် အချက်များ (IAQ Factors)	7-2
၇.၁.၄ လေအရည်အသွေး(IAQ) နှင့် လေထဲတွင် ကာဗွန်ဒိုင်အောက်ဆိုဒ် ပါဝင်မှု(CO ₂ Levels)	7-2
၇.၂ သဘာဝအတိုင်း လေဝင်လေထွက်ကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(Natural Ventilation)	7-3
၇.၂.၁ Stack Effect	7-4
၇.၂.၂ ဒီဇိုင်းလုပ်ရန် လိုအပ်သော အချက်အလက်များ (Design Information)	7-6
၇.၂.၃ Design outputs	7-6
၇.၂.၄ တွက်နည်း (Calculation Approach)	7-7
၇.၂.၅ Design Watch Points	7-7
၇.၃ Mechanical Ventilation	7-8
၇.၃.၁ အခန်းအတွင်း၌ Positive Pressure ဖြစ်ပေါ်ခြင်းနှင့် Negative Pressure ဖြစ်ပေါ်ခြင်း	7-8
၇.၄ Hospital Operation Room Ventilation	7-8
၇.၄.၁ Ceiling Construction	7-12
၇.၅ အဆောက်အဦတိုင်း၏ မရှိမဖြစ် လိုအပ်သော အခန်းများ(Essential Rooms) ၏ MV System	7-13
၇.၅.၁ (က) လှေကားများ (Exit Staircase) နှင့် အရေးပေါ် ထွက်ပေါက်သို့သွားလမ်းများ	7-14
၇.၅.၂ (ခ) Smoke Stop Lobby	7-17
၇.၅.၃ (ဂ) Fire Command Center (FCC) Room	7-18
၇.၅.၄ (ဃ) Smoke Stop Lobby and Fire Fighting Lobby	7-20
၇.၅.၅ (င) Fire Pump Room နှင့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားပေးစက်အခန်း(Generator Room)	7-22
၇.၅.၆ (စ) Flammable and Explosive Substances Rooms	7-24
၇.၅.၇ (ဆ) ချက်ပြုတ်ရာနေရာများ(Kitchen)	7-24
၇.၆ Air Handling Systems	7-30
၇.၆.၁ Smoke Tripping of AHU	7-31
၇.၇ Engineered Smoke Control System - Design Consideration and Over View	7-33
၇.၇.၁ Designed Fire Size	7-36
၇.၇.၂ Smoke Extraction System တွက်နည်း ဥပမာ	7-39
၇.၈ Basement Car Park CO Monitoring and Ventilation Fan Control System	7-43
၇.၈.၁ Safe Level of ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်ဓာတ်ငွေ့(CO) ဓာတ်ငွေ့	7-43
၇.၈.၂ Understanding of Basement Car Park Mechanical Ventilation System Design	7-44
၇.၈.၃ Basement Car Park CO Monitoring System's Design Consideration	7-46
၇.၈.၄ ကာဗွန်မိုနော့ဆိုဒ်(CO)ဓာတ်ငွေ့ Sensor	7-48
၇.၈.၅ Control Strategies နှင့် သတိပြုရန်အချက်များ	7-48
၇.၈.၆ ရွှေ့တာနိုင်သည့် စွမ်းအင် ပမာဏ တွက်နည်း (Energy Saving) ဥပမာ	7-49
၇.၉ Mechanical Smoke Purging System for Basement Car Park	7-50
၇.၁၀ ပြင်ပလေ လိုအပ်ချက်(Outdoor Air Requirement)	7-52

၇.၁၀.၁ ASHRAE Standard 62.1 - 2004 (Minimum Ventilation Rates)	7-53
၇.၁၁ Supply Air Rate	7-55
၇.၁၁.၁ ပြင်ပလေဝင်ပေါက်များ (Outdoor Air Intake)	7-57
၇.၁၂ Contamination မပါသော လေများ၊ အနံ့ဆိုးများ မပါသော လေကောင်းလေသန့်	7-58
၇.၁၂.၁ လေများကို အဆင့်အတန်း ခွဲခြားသတ်မှတ်ခြင်း နှင့် ပြန်လည်အသုံးပြုခြင်း	7-58
၇.၁၂.၂ Return Air ၊ Transfer Air နှင့် Exhaust Air တို့ကို အဆင့်အတန်းခွဲခြားခြင်း	7-59
၇.၁၃ Exhaust Air	7-61
၇.၁၃.၁ Toilet Ventilation Rates	7-61
၇.၁၃.၂ Minimum Exhaust Rates	7-61
၇.၁၃.၃ Exhaust Air Rates and Pressure Relationship	7-62