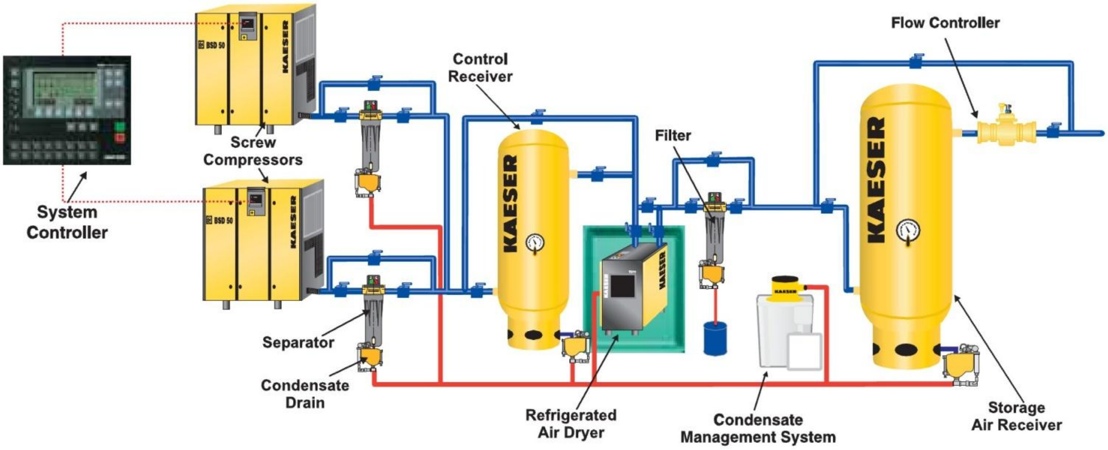
Chapter-6 Design Concept and Calculation



ပုံ ၆-၁ ယနေ့ခေတ်တွင် တွေ့မြင်နိုင်သည့် compressed air system

၆.၁ Compressed Air System နှင့် သက်ဆိုင်သည့် ပုံသေနည်းများ

လေလှောင်ကန် အရွယ်အစား(storage tank size) gallons မှ cubic feet သို့ပြောင်းလိုလျှင်

$$Gallons\ X\ 0.134\ =\ ft^3$$

Electrical cost ကိုတွက်ရန်

$$Electrical\ cost\ = \frac{HP\ x\ 0.746\ x\ hours\ x\ electricty\ rate}{motor\ efficiency}$$

$$Horse\ Power\ (3\ phase) = \frac{1.732\ x\ (Volts) x\ (Amps) x\ \ Power\ Factor\ x\ motor\ efficiency}{746}$$

ဥပမာ: မြင်းကောင်ရေ(၅၀)အားရှိသော(50 hp) air compressor တစ်လုံးကို တစ်နေ့လျှင်ရှစ်နာရီ(8 hours per day)မောင်းပြီး တစ်ပတ် ငါးရက်မောင်းလျှင်(5 days a week) တစ်နှစ်စာကုန်ကျမည့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခကို ရှာပါ။ လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခသည် 1kWh လျှင် ခြောက်ဆင့်နှုန်း($0.06 per kWh) ဖြစ်ပြီး လျှပ်စစ်မော်တာ၏ efficiency သည် ၉၀% ဖြစ် သည်။

50 hp x 0.746 x 2080 hours x $0.06 / 0.90 = $5,172.27 per year

လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခ တစ်နှစ်လျှင် အမေရိကန်ဒေါ်လာ 5,172.27 ကုန်ကျမည်။

Compressor RPM၊ Motor RPM၊ Motor Pulley Diameter နှင့် Compressor Pulley Diameter တို့ကို တွက်ရန်

$$Compressor\ speed(RPM) = \frac{motor\ pulley\ diameter\ x\ motor\ rpm}{compressor\ pulley\ diameter}$$

Required Piston Displacement ကိုတွက်ရန်

$$Required\ Piston\ Displacement\ = \frac{free\ air}{volumetric\ \ efficiency}$$

$$Total\ force\ in\ lbs.of\ air\ cylinder$$
$$=\ area\ of\ the\ cylinder\ diameter\ (in^2)\ x\ gauge\ pressure(psi\ )$$

Compressed Air(ft^3) ကိုတွက်ရန်

$$\boldsymbol{Compressed\ Air\ (ft^3) = \frac{free\ air\ (ft^3) x\ 14.7}{(psig\ x\ 14.7)}}$$

Free Air(ft^3) ကိုတွက်ရန်

$$\boldsymbol{Free\ Air\ (ft^3) = \frac{compressed\ air\ (ft^3\ ) x\ (psig\ +\ 14.7)}{14.7}}$$

Gallons ကိုတွက်ရန်

$$\boldsymbol{Volume\ (in\ Gallons) = \frac{cyl.bor\ in\ in.x\ cyl.bore\ x\ stroke\ in\ in.x\ rpm}{2200}}$$

Up Time ကိုတွက်ရန်

$$\boldsymbol{Up\ Time\ (minutes) = \frac{Tank\ Volume\ (gallons)\ x\ (final\ pressure - initial\ \ pressure)}{7.48\ x\ atmospheric\ pressure\ \ (psia)\ x\ pump\ delivery\ (cfm)}}$$

ဥပမာ- မြင်းကောင်ရေ (၅၀)အားရှိသော(50 hp) air compressor တစ်လုံးသည် 24 CFM ထုတ်ပေးနိုင်သည်။ ဂါလံ(၈၀)(80 gallon) ဆံ့သော လေလှောင်ကန်(receiver) တစ်ခုနှင့် တွဲ၍ တပ်ဆင်ထားသည်။ ဖိအား 100 psi သို့ ရောက်လျှင် compressor စတင် မောင်းမည်။ ဖိအား 150 psi ရောက်လျှင် compressor ကို ရပ်မည်။ Up Time (minute) ကို တွက်ပါ။

$$\boldsymbol{Up\ Time\ (minutes) = \frac{80\ (gallons)\ x\ (150\ psi - 100\ psi)}{7.48\ x\ 14.7\ (psia) x\ 24(cfm)}}$$

Up Time (minute) သည် 1.51 minutes ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ဖိအား 100 psi မှ 150 psi သို့ရောက်ရန် compressor ကို (၁.၅)မိနစ်ကြာ မောင်းရန် လိုသည်။ (မောင်းနေချိန်တွင် compressed air ကို မသုံးစွဲဟု ယူဆထားသည်။)

၆.၁.၁ Specific Power

Specific power သည် compressor တစ်လုံး၏ efficiency တစ်မျိုးဖြစ်ပြီး electrical input (kW) ကို Free Air Delivery(FAD) m^3/s ဖြင့် စားထားခြင်း ဖြစ်သည်။ လေထွက်နှုန်း (Free Air Delivery (FAD)) 1 m^3/s ရရန် အတွက် စွမ်းအင်(kW)မည်မျှ သုံးစွဲလိမ့်မည်ကို ဖော်ပြထားသည်။ Compressor တစ်လုံးနှင့် တစ်လုံး efficiency ကောင်းမကောင်းကို နှိုင်းယှဉ်ရာတွင် specific power ကို အသုံးပြုလေ့ ရှိသည်။

$$\boldsymbol{Specific\ Power = \frac{Electrical\ Input\ Power\ (kW)}{Free\ Air\ Delivery\ (m^3\ per\ Second)}}$$

စွမ်းအင်ကုန်ကျစရိတ်တွက်ခြင်း(Energy Costs Calculation)

$$\boldsymbol{Annual\ Electricity\ Cost = \frac{BHP\ x\ 0.746\ x\ Hours\ x\ Electricty\ rate}{motor\ efficiency}}$$

BHP = motor full load horsepower

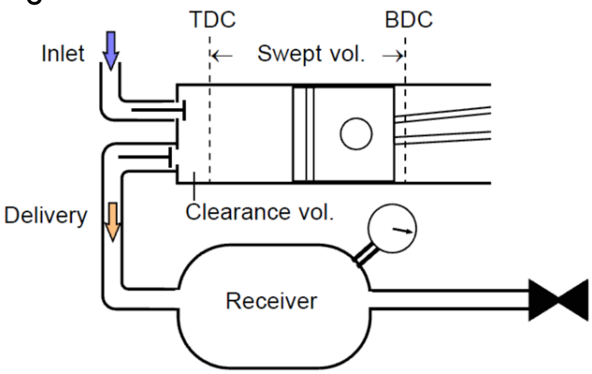
HP = 0.746 x kW

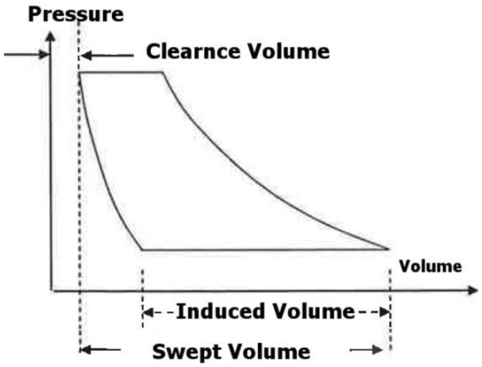
motor efficiency = motor full load efficiency

Hours = annual hours of operation

Electricity rate = electricity cost in $/kWh

၆.၁.၂ Volumetric Efficiency (%)





ပုံ ၆-၂ Pressure–Volume Curve ပေါ်တွင် Swept Volume နှင့် Induced Volume ကို ဖော်ပြထားသည်။

$$Volumetric\ efficiency = \frac{Induced\ volume\ (FAD)}{Swept\ volume}$$

Volumetric efficiency (%) နှင့် piston displacement တို့ကို သိလျှင် Free Air Delivery(FAD) ကို အထက်ပါ ပုံသေနည်းဖြင့် တွက်ယူနိုင်သည်။

၆.၁.၃ Compression Ratio

$$Compression\ ratio = (CR) = \frac{P + Pa}{Pa}$$

Pa= average atmospheric pressure at your elevation

P= line pressure (psig) သို့မဟုတ် discharge pressure

$$Compression\ ratio = \frac{Absolute\ discharge\ pressure\ of\ last\ stage}{Absolute\ intake\ pressure}$$

Compressed air system တစ်ခု၏ လိုအပ်သော ဖိအား(required pressure) ကို တိကျ မှန်ကန်စွာ ရွေးချယ်ရန် လိုသည်။ ဖိအား (pressure)နိမ့်လွန်းလျှင် tool များ ကောင်းစွာ အလုပ်လုပ် လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ Process များ ပုံမှန် အလုပ် လုပ်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ ဖိအား (pressure)မြင့်လွန်းလျှင်လည်း equipment များ ပျက်စီးနိုင်ပြီး လေယိုစိမ့်မှု(leak) ပိုမိုဆိုးဝါးလာ နိုင်သည်။ လည်ပတ်ရန် ကုန်ကျစရိတ်(operation cost)ပိုများလိမ့်မည်။ Compressed air system အများစုသည် အမှန်တကယ် လိုအပ်သည့် ဖိအား ထက်ပိုများ(မြင့်)သည့် ဖိအား(pressure) ဖြင့် လည်ပတ်(operate) လေ့ရှိ ကြသည်။

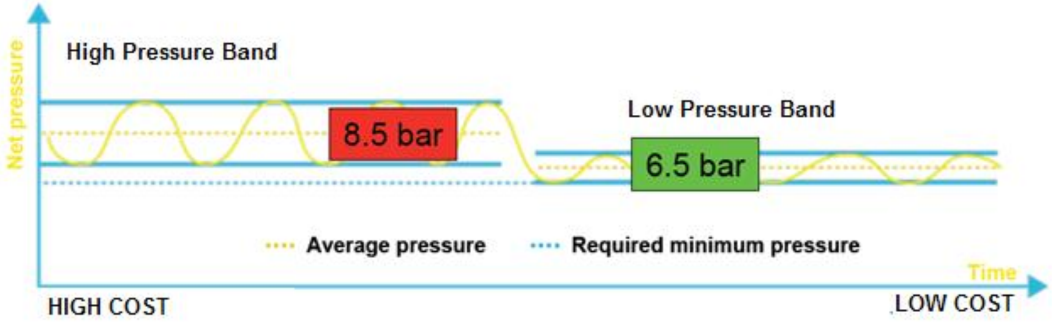
Compression ratios at gauge pressures	
psig	Compression ratio
60	5.05
70	5.76
80	6.44
90	7.12
100	7.80
110	8.48
120	9.16
130	9.84
140	10.52
150	11.20
200	14.50

ထို့ကြောင့် စွမ်းအင်များ အလဟဿ ဖြုန်းတီးသည်။ ကုန်ကျစရိတ် ပိုများသည်။ ဥပမာ 7 bar(700kPa) compressed air system တစ်ခု၏ ဖိအား(pressure)သည် 500kPa(5bar) သို့မဟုတ် 600kPa (6bar) သို့ ကျဆင်းသွားသည့် တိုင်အောင် tool များနှင့် equipment များကောင်းစွာ အလုပ် လုပ်နေကြလိမ့်မည်။

Compressor ကို အမှန်တကယ် လိုအပ်သည့် ဖိအား(pressure)ထက် 100kPa(1bar) မြင့်အောင် မောင်းလျှင် compressed air system ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(energy conssumption)သည် ၈% ပိုများလာနိုင်သည်။

Systemများ အားလုံးတွင် မမျှော်လင့်ထားသော ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)များ နှင့် လေယိုစိမ့်မှု (leak)များအတွက်ကာမိစေရန် လိုအပ်သည့် system pressure ထက် အနည်းငယ်ပိုများအောင် ဒီဇိုင်း လုပ်ထားလေ့ရှိသည်။

အမျိုးမျိုးသော tool များနှင့် process များအတွက် ဖိအား(pressure) လိုအပ်ချက်များ မတူညီကြပေ။ ဖိအားမြင့်မြင့် လိုအပ်သော tool သို့မဟုတ် equipment အနည်းငယ်ကြောင့် compressed air system တစ်ခုလုံးကို ဖိအားမြင့်မြင့်(high pressure)ဖြင့် မမောင်းသင့်ပေ။ ဖိအားမြင့်မြင့်(high pressure) လိုအပ်သော equipment အနည်းငယ်အတွက် သီးသန့်compressor ငယ်တစ်လုံးဖြင့် မောင်းပေးပြီးcompressed air system တစ်ခုလုံးကို ဖိအား(pressure)နိမ့်နိမ့်ဖြင့် မောင်းနိုင်သောကြောင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု သက်သာစေနိုင်သည်။



ပုံ ၆-၃ High pressure Band နှင့် Low pressure Band

၆.၂ Working Pressure တွက်ခြင်း

သင့်လျော်သော working pressure သည် compressor ပေါ်တွင်သာမက piping၊ valves ၊ dryers နှင့် filter များ ပေါ်တွင်မူတည်သည်။ System တစ်ခုအတွင်းရှိ အသုံးပြုသူများ၏ ဖိအား(pressure) လိုအပ်ချက်များ မတူညီကြပေ။ ထို့ကြောင့် အမြင့်ဆုံး ဖိအားလိုအပ်ချက်ကို အခြေခံ၍ ဒီဇိုင်းလုပ်ကြသည်။ ဖိအားနိမ့်နိမ့်သာ လိုအပ်သည့် equipment များအနီး၌ regulator သို့မဟုတ် valve များကို အသုံးပြု၍ working pressure သို့ရောက်အောင် လျှော့ချယူကြသည်။ Demand side တွင် လေသုံးစွဲမှုနှုန်းများသည်နှင့် တစ်ပြိုင်နက် ဖိအား(system pressure)ကျဆင်းမှု များလိမ့်မည်။

လေစစ်(filter)များသည် တပ်ဆင်အသုံးပြုခါစတွင် ဖိအားကျဆင်းမှု နည်းသော်လည်း အချိန် ကြာလာသည့်အခါ ဖိအားကျဆင်းမှု များလာလိမ့်မည်။ ထိုကြောင့် လေစစ်(filter)များ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)ကို တွက်သည့် အခါတွင် အဆိုးဆုံး အခြေအနေဖြင့် ထည့်တွက်ရန် လိုသည်။

၆.၃ Compressed Air System အရွယ်အစားရွေးချယ်ခြင်း(Sizing)

ယေဘုယျအားဖြင့် air compressor များသည် အရွယ်အစား(size)ကြီးလာလေ efficiency ပိုကောင်းလေ ဖြစ်သည်။ သို့သော် part load နည်းနည်းဖြင့်မောင်းလျှင်(ဝန်နည်းလွန်းလျှင်) efficiency ညံ့ဖျင်းသွား နိုင်သည်။

တပ်ဆင်ထားသည့် air compressor အရွယ်အစား သေးငယ်သွားလျှင်(undersize ဖြစ်လျှင်) လိုအပ်သည့် ဖိအား(System pressure) နှင့် လေစီးနှုန်း(flow rate)ကို ထုတ်ပေးနိုင်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။

Compressed air system တစ်ခုသည် လိုအပ်သည့် အရွယ်အစားထက် ပိုကြီးခြင်း(oversize ဖြစ်ခြင်း) နှင့် လိုအပ်သည့် အရွယ်အစားထက် ပိုသေးငယ်ခြင်း(under size ဖြစ်ခြင်း)အနက် oversize ဖြစ်ခြင်း သို့မဟုတ် ဖြစ်အောင်လုပ်ခြင်းသည် လက်ခံနိုင်သော အမှားမျိုး ဖြစ်သည်။

၆.၃.၁ လိုအပ်သည့်လေပမာဏကို တွက်ခြင်း (Air Demand Calculation)

Pneumatic Equipment	Paint Spraygun @ 1.5mm flat jet	Paint Spraygun @ 3mm flat jet	Blowgun @ 2mm	Screwdriver
Air Demand	5 SCFM	12 SCFM	8 SCFM	14 SCFM
Working Pressure	40 psig	90 psig	90 psig	90 psig
Number	2	1	1	1
Utilization Factor	50%	25%	10%	20%
Effective Air Demand	2 x5 x 0.5=5 SCFM	12 x 0.25 = 3 SCFM	8 x 0.1= 0.8 SCFM	14 x 0.2= 2.8 SCFM
Total Demand: 5 SCFM + 3 SCFM + 0.8 SCFM + 2.8 SCFM = 11.60 SCFM				

The following should be added to Total Demand: for leakages +10% = 1.16 SCFM

For errors +15% = 1.74 SCFM

As a reserve +20% = 2.32 SCFM

Total Delivery: = 16.82 SCFM

(က) Operating pressure requirements ၊ (ခ) Compressed air requirements နှင့် (ဂ) Duty cycle of existing equipment တို့မှ new system ၌ လိုအပ်သောပျမ်းမျှ(average) flow demand ကို ခန့်မှန်း နိုင်သည်။

ဥပမာတွင် ဖော်ပြထားသော လိုအပ်သည့် လေစီးနှုန်း(air flow)သည် 16.82 SCFM (11.6 SCFM + 1.16 SCFM + 1.74 SCFM + 2.32 SCFM) ဖြစ်သည်။ Screw compressor မှ အကောင်းဆုံး ရနိုင်သည့် duty cycle သည် ၁၀၀% ဖြစ်သည်။ Compressor အမျိုးအစားကို လိုက်၍ ရရှိနိုင်သည့် duty cycle ကွဲပြားလေ့ ရှိသည်။

အထက်ပါ လိုအပ်ချက်များ ရရှိအောင် မောင်းပေးနိုင်သည့် screw compressor ၏ လေထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း(capacity)သည် ဖိအား 110 psig ဖြင့် 16.82 SCFM ဖြစ်သည်။ တစ်ခြားသော ဖိအား ဆုံးရှုံးမှုများ (other pressure losses)ကိုပါ ထည့်တွက် သင့်သည်။

ဥပမာ - စက်ရုံတစ်ခု၌လိုအပ်သော compressed air ပမာဏကို အောက်တွင် ဇယားပုံစံဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။

Equipment	**A**	**B**	**C**
Air demand (FAD)	5 SCFM	3 SCFM	12 SCFM
Working pressure	40 psig	60 psig	90 psig
Quantity	2	1	2
Utilization factor	50%	30%	20%

အထက်ပါလိုအပ်ချက်ကို အခြေခံ၍ Free Air Delivery ကို ခန့်မှန်းပါ။ လေယိုစိမ့်ခြင်း(leakage) နှင့် လိုအပ်သည့် အခါတွင် အသုံးပြုရန်အတွက် အပိုအဖြစ် ၂၀% ထည့်သွင်း တွက်ချက်ပါ။

Equipment	A	B	C
Air demand (FAD)	5 SCFM	3 SCFM	12 SCFM
Working pressure	40 psig	60 psig	90 psig
Quantity	2	1	2
Utilization factor	50%	30%	20%
Effective air demand	2x 5 x 0.5= 5 SCFM	1x 3 x 0.3= 0.9 SCFM	2 x 12 x 0.2 = 4.8 SCFM

လိုအပ်သော ပမာဏ(Total Demand) = 10.7 SCFM (=5 SCFM + 0.9 SCFM + 4.8 SCFM)
20% ပိုထားရန် = 2.1 SCFM
စုစုပေါင်း = 12.8 SCFM
ထို့ကြောင့် 12.8 SCFM ကို ဖိအား 90 psig ဖြင့် ထုတ်ပေးနိုင်စွမ်းရှိသော compressor လိုအပ်သည်။

Utilization Factor

Utilization factor ဆိုသည်မှာ လက်တွေ့၌ အမှန်တကယ် လိုအပ်သည့်နှုန်း(actual consumption)ကို (၂၄) နာရီ အတွင်းရှိ(24 hours) maximum continuous consumption ဖြင့် စားထားခြင်း ဖြစ်သည်။

$$\textit{Utilization Factor} = \frac{\textit{Actual Air Consumption in 24 Hrs}}{\textit{Maximum Continuous Consumption in 24 Hrs}}$$

၆.၃.၂ လိုအပ်သည့် လေပမာဏ တွက်ခြင်း(Air Requirement Calculation)

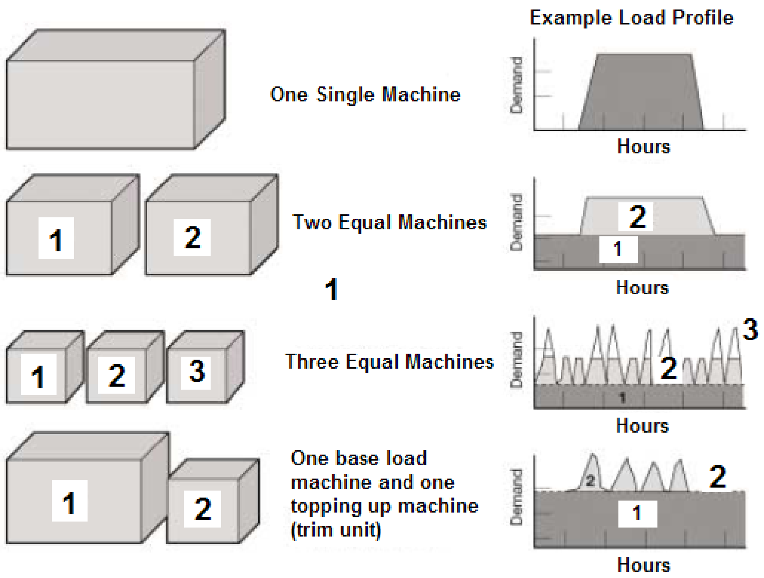
အသုံးပြုသူများက လေလိုအပ်ချက်(air requirement)ကို သတ်မှတ် ပေးလေ့ရှိသည်။ System တစ်ခု အတွင်း၌ တပ်ဆင်ထားသည့် ကိရိယာ(tool)များ အားလုံး၊ စက်များ အားလုံးနှင့် process များ အားလုံး၏ လေသုံးစွဲမှု(air consumption)အားလုံးကို ပေါင်းခြင်းဖြင့် system တစ်ခုလုံး၏ လေလိုအပ်မှု(air requirement) ရရှိသည်။

Utilization factor တန်ဖိုး မည်မျှဖြစ်သည်ကို သတ်မှတ် ဆုံးဖြတ်နိုင်ရန် အတွေ့အကြုံကောင်းများ ရှိထားရန် လိုအပ်သည်။ ထို့အပြင် လေယိုစိမ့်ခြင်း(leak)၊ compressor များ၏ စွမ်းရည်ကျဆင်းခြင်း နှင့် နောင်ထပ်မံ လိုအပ်နိုင်မည့် လေပမာဏ တို့ကိုပါ ထည့်စဉ်းစားထား သင့်သည်။

လက်ရှိ လေလိုအပ်ချက်(present air requirement)ကို သိရှိရန်အတွက် ရှိသမျှစက်အားလုံး၏ စာရင်း၊ တစ်ခုချင်းစီ၏ လေသုံးစွဲမှု(air consumption)နှင့်ခန့်မှန်းထားသည့် "Utilization Factor"တို့မှ တွက်ယူနိုင်သည်။ အကယ်၍ စာရင်း အတိအကျ မရနိုင်ခဲ့လျှင် Hand Book မှ တန်ဖိုးများ(Standard Value)ကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Tool များ၏ "Utilization Factor"ကို အတိအကျ ခန့်မှန်းရန် အလွန်ခက်ခဲသည်။ တိုင်းတာထားသည့် တန်ဖိုးများ (measured consumption)ဖြင့် နှိုင်းယှဉ် အသုံးပြုနိုင်သည်။ ဥပမာ sand blasting လုပ်ခြင်းနှင့် grinder များသည် တစ်ခါတစ်ရံမှသာ အသုံးပြုလေ့ရှိသော်လည်း (၃)မိနစ်မှ (၁၀)မိနစ်ခန့်အထိ အဆက်မပြတ် အသုံးပြု လေ့ရှိသည်။

တစ်ပြိုင်နက် အသုံးပြုနေမည့် စက်များ အရေအတွက်ကိုလည်း ခန့်မှန်းရန် ခက်ခဲသည်။ ထို့ကြောင့် အဆိုးဆုံး အခြေအနေ(အများဆုံးအခြေအနေ)ဖြင့် တွက်၍ ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်သင့်သည်။ စုစုပေါင်း လေလိုအပ်မှု (compressed air requirement)သည် compressor ၏ capacity ပင်ဖြစ်သည်။ လိုအပ်သည့် compressor

အရေအတွက်နှင့် တစ်လုံးချင်းစီ၏ လေထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း(capacity)သည် စိတ်ချရမှု(reliability) နှင့် လိုသလို ပြောင်းလဲနိုင်မှု(flexibility)ကို ဆုံးဖြတ်ပေးသည်။



ပုံ ၆-၄ Load profile ကိုလိုက်၍ သင့်လျော်သည့် compressor အရွယ်အစားနှင့် အရေအတွက်ကို ရွေးချယ်သင့်သည်။

၆.၃.၃ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ပုံအဆင့်ဆင့်(Design Sequence)

(၁) Compressed air အသုံးပြုသည့် ကိရိယာများ၊ စက်များ၊ process များ၊ workstation များကို နေရာနှင့်တကွ စာရင်းပြုလုပ်ပါ။ Compressed air အသုံးပြုသည့် အရာများ အားလုံးကို "air consumer" များဟု ခေါ်ဆိုလေ့ ရှိသည်။

(၂) Air consumer တစ်ခုချင်းစီ အတွက် လိုအပ်သော လေပမာဏ(air volume)ကို သတ်မှတ်ပါ။

(၃) Air consumer တစ်ခုချင်းစီ အတွက် လိုအပ်သော ဖိအား(pressure range)ကို သတ်မှတ်ပါ။

(၄) Air consumer တစ်ခုချင်းစီ နေရာများအားလုံး အတွက်လိုအပ်သော လေအရည်အသွေး(air quality)ကို သတ်မှတ်ပါ။

(၅) Duty cycle သတ်မှတ်ပါ။ တစ်နည်းအားဖြင့် နေရာတစ်ခုချင်းစီ သို့မဟုတ် စက်တစ်ခုချင်းစီသည် အချိန်မည်မျှ ကြာအောင် compressed air အသုံးပြုရန် လိုအပ်လိမ့်မည်ကို သတ်မှတ်ပါ။

(၆) Branch တစ်ခုချင်း ၊ main header တစ်ခုအတွင်း နှင့် system တစ်ခုလုံးအတွင်း၌ တစ်ပြိုင်နက် အသုံးပြုမည့် air consumer အရေအတွက်ကို ခန့်မှန်းပါ။

(၇) လက်ခံနိုင်သည့် လေယိုစိမ့်မှု ပမာဏ(allowable leakage)ကို ခန့်မှန်းပါ။

(၈) မျှော်လင့်ထားသည့် အများဆုံးဖြစ်နိုင်သည့် တိုးချဲ့မှု(future expansion)များအတွက် လိုအပ်မည့် လေပမာဏကို ခန့်မှန်းပါ။

(၉) ပိုက် layout ကို ပုံကြမ်းဆွဲ(preliminary piping layout)၍ အကြမ်းဖျင်း ဖိအားကျဆင်းမှု(preliminary pressure drop)ကို ခန့်မှန်းပါ။

(၁၀) Air compressor အမျိုးအစား(type) ၊ နေရာ၊ လေဝင်ပေါက်များနေရာ(air inlet location)၊ filtration၊ treatment ၊ electrical panel စသည့် နေရာများကို သတ်မှတ်ပါ။

(၁၁) Piping network ၏ အရွယ်အစားများကို တွက်ချက်ပြီး piping layout ကို အချောသတ်ပါ။

၆.၄ Compressor Rating အပေါ်တွင် အကျိုးသက်ရောက်မှုရှိစေသည့် အချက်များ

Compressor တစ်ခုလုံး၏ စွမ်းဆောင်ရည်(performance) နှင့်သက်ဆိုင်သည့် အဓိကအချက်များမှာ

(၁) အမြင့်ဆုံးဖိအား(maximium working pressure)
(၂) လေထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း(capacity)
(၃) စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power consumption) နှင့်
(၄) အအေးခံသည့်နည်း နှင့် လိုအပ်ချက်များ(cooling method and requirement)တို့ ဖြစ်သည်။

လက်တွေ့၌ compressor မောင်းမည့်နေရာ၏ အခြေအနေသည် data sheet တွင်ဖော်ပြထားသည့် အခြေအနေနှင့် ကွာခြားနေလျှင် အောက်ပါ အချက်များကို အလေးပေး စဉ်းစားရန် လိုသည်။

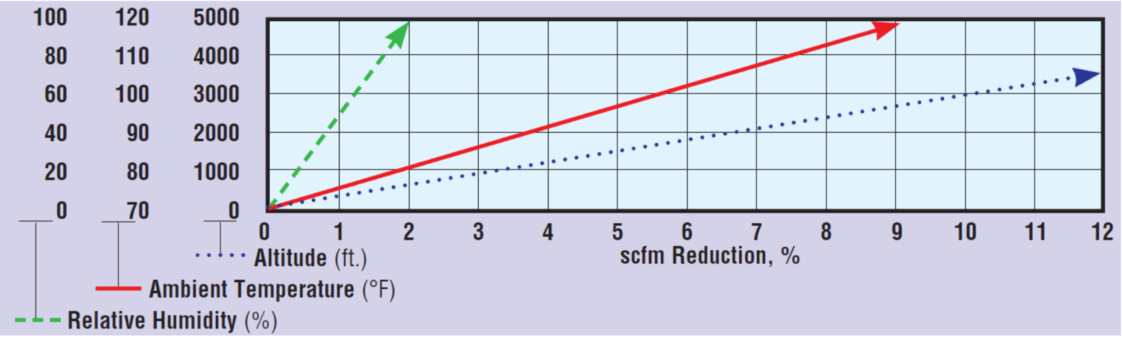
(က) ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင်(sea level)ထက်ပိုမြင့်လျှင် တပ်ဆင်ထားသည့် နေရာ၏ လေထုဖိအား (ambient pressure)
(ခ) လေထု အပူချိန်(Ambient temperature)
(ဂ) လေထု စိုထိုင်းဆ(Humidity)
(ဃ) Coolant အပူချိန်(temperature)
(င) Compressor အမျိုးအစား နှင့်
(စ) စွမ်းအင် သုံးစွဲမှုနှုန်း တို့ ဖြစ်သည်။

၆.၄.၁ ဝင်လေအပူချိန်(Inlet Air Temperature)

အပူချိန်ကို လိုက်၍လေ၏ သိပ်သည်းဆ ပြောင်းလဲသည်။ Compressed air system များ၏ အဝင်လေ အပူချိန်(inlet air temperature)ကို လျော့နည်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် compressor စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု၏ ၆% အထိ လျှော့ချနိုင်သည်။ လက်ရှိမောင်းနေသည့် compressor သည် စက်ခန်း အတွင်းရှိ လေပူများ(hot air)များကို အဝင်လေ(inlet air)အဖြစ် စုပ်ယူနေပါက ပြင်ပမှ အေးသည့်လေကိုduct ဖြင့်သွယ်တန်းပြီး ထည့်ပေးခြင်းဖြင့် compressor ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲနှုန်း(power consumption)ကို လျှော့ချနိုင်သည်။

> ဝင်လေအပူချိန်(inlet air temperature)ကို 3°C မှ 4°C ကျဆင်းအောင်ပြုလုပ်နိုင်လျှင် compressor ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုနှုန်း (power consumption)ကို ၁% ခန့် လျှော့ချနိုင်သည်။

Effects of Ambient Condition on Compressor Ratings



ပုံ ၆-၅ လေထုအခြေအနေ(ambinent condition) များ ကိုလိုက်၍ SCFM ကျဆင်းသည့်နှုန်းကို ဖော်ပြထားသည်။

အပူချိန်ကို လိုက်၍ လေ၏ သိပ်သည်းဆ ပြောင်းလဲခြင်းအတွက် အသုံးပြုရမည့် Temperature Correction Factor ကို စာမျက်နှာ(1-20)ရှိ Chapter-1 တွင် ဖော်ပြထားသည်။

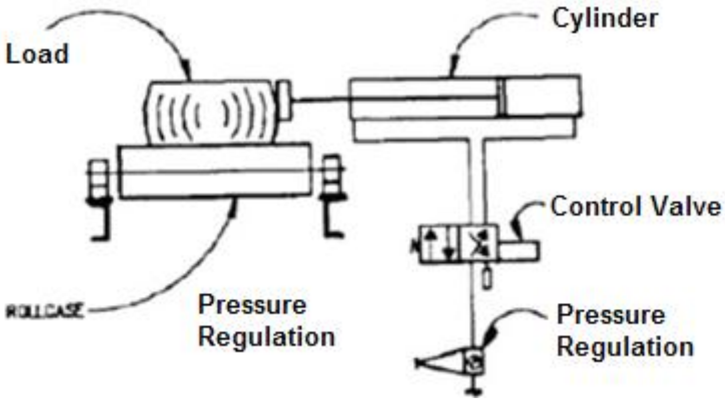
၆.၄.၂ အမြင့်ကိုလိုက်၍ လေ၏သိပ်သည်းဆ ပြောင်းလဲခြင်း(Elevation Correction Factor)

ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင်(sea level)ထက် မြင့်လေ လေဖိအားကျဆင်းလေဖြစ်ပြီး အပူချိန်လည်း နိမ့်လိမ့်မည်။

Compressed air system များ၏ အရေးအကြီးဆုံး အချက်သည် အမြင့်(altitude)ကြောင့် ဖိအား ပြောင်းလဲခြင်း(pressure variation) ဖြစ်သည်။ ဥပမာ ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင်(sea level)တွင် pressure ratio 8.0 ဖြင့် မောင်းနိုင်သည့် compressor တစ်လုံးသည် ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင်(sea level) မှ မီတာ(၃၀၀၀) ကျော်အမြင့်တွင် မောင်းလျှင် presssure ratio 11.1 ရနိုင်သည်။ (အကယ်၍ working pressure မပြောင်းလဲပဲ မောင်းလျှင်) အမြင့်ကိုလိုက်၍ လေသိပ်သည်းဆ ပြောင်းလဲခြင်းအတွက် အသုံးပြုရမည့် Elevation Correction Factor ကို စာမျက်နှာ(1-20)ရှိ Chapter-1 တွင် ဖော်ပြထားသည်။

၆.၅ ဖိအားပုံမှန်ဖြစ်အောင် ထိန်းချုပ်ခြင်း(Pressure Regulation)

ဖိအားပုံမှန်ဖြစ်အောင် ထိန်းချုပ်ခြင်း(pressure regulation) အရေးပါပုံကို အောက်တွင် လက်တွေ့ စမ်းသပ်ထားသည့် ဥပမာ တစ်ခုဖြင့် ဖော်ပြပါမည်။ ပုံတွင် ဖော်ပြထားသည့်အတိုင်း Pneumatic cylinder တစ်ခုဖြင့် သေးငယ်သည့် load တစ်ခုကို တွန်းရန်အတွက် ဒီဇိုင်းလုပ်ထားသည်။



ပုံ ၆-၆ production line တစ်ခုရှိ pneumatic ဆလင်ဒါ တစ်ခု

ဆလင်ဒါ၏ volume (ထုထည်)သည် 32.3 liter ဖြစ်သည်။တစ်မိနစ်လျှင်(၁၀)ကြိမ်နှုန်းဖြင့် (10 cycle per minute) အလုပ် လုပ်နိုင်စွမ်း ရှိသည်။ Compression ratio သည် 5.08 at 4.1 bar ဖြစ်သည်။ အလုပ်ဖြစ်မြောက်ရန်အတွက် လိုအပ်သည့် အနိမ့်ဆုံးဖိအား(Minimum pressure)သည်4.1bar ဖြစ်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ထိုဆလင်ဒါကို 4.1 bar ထက်မြင့်သည့် ဖိအား(pressure)ဖြင့်လည်း မောင်းနိုင်သည်။

ထိုဆလင်ဒါသည် production line တစ်ခုတွင်ရှိပြီး တစ်နေ့လျှင် (၁၅)နာရီ အလုပ်လုပ် (operate လုပ်)မည်။ တစ်နှစ်လျှင် ရက်ပေါင်းမှာ(၂၅၀) မောင်း(operate)မည်။ လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခသည် $0.1/kWh ဖြစ်လျှင် 4.1 bar ထက်ပိုများသည့် ဖိအား(pressure)ဖြင့်မောင်းခြင်းကြောင့် ကုန်ကျမည့် စွမ်းအင် (kWh) နှင့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

Pressure (bar)	Air (m^3/min)	Power (kW)	Energy use (kWh/year)	Lost (kWh/year)	Lost (€/year)
4.1	1.64	10.80	40,564	0	0
4.8	1.86	12.30	6,019	5,455	545
5.5	2.08	13.70	1,404	10,840	1,084
6.2	2.30	15.20	6,859	16,295	1,630
6.9	2.52	22.30	62,314	21,750	2,175

ဥပမာ အောက်ဆုံးအတန်းတွင် ဖော်ပြထားသည်မှာ ထိုဆလင်ဒါကို 6.9 bar ဖြင့်မောင်းလျှင်(7 bar compressed air system)တစ်မိနစ်လျှင် 2.52 m^3 သုံးရန် လိုသည်။ လိုအပ်သည့် စွမ်းအင်သည် 22.3 kW ဖြစ်သည်။ ထိုဆလင်ဒါကို မောင်းရန်အတွက် တစ်နှစ်လျှင် 62314 kWh လိုသည်။ တစ်နှစ်လျှင် ငွေပမာဏ €2,175 ဆုံးရှုံးလိမ့်မည်။ တစ်နှစ်လျှင် 21,750 kWh စွမ်းအင်ပမာဏ အလဟဿ ဆုံးရှုံးသွား လိမ့်မည်။

၆.၆ Plant Room Ventilation and Intake Air

Compressor များ တပ်ဆင်ထားသည့် အခန်းကို "Plant Room" ဟုခေါ်သည်။ ထိုစက်ခန်း (plant room) အတွင်း၌ compressor များမှ စွန့်ထုတ်လိုက်သော အပူများ(rejected heat)ကြောင့် အပူချိန် အလွန် မြင့်မားသည်။ Compressor မှ ထွက်သော အပူများကို ventilation နည်းဖြင့် အခန်းအတွင်းမှ ဖယ်ရှားနိုင်သည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် လေပူ(hot air)များကို ventilation နည်းဖြင့် စုပ်ထုတ်နိုင်သည်။ Ventilation လုပ်ပေးရမည့် လေပမာဏသည် compressor အမျိုးအစား၊ လေဖြင့် compressor ကို အေးအောင် ပြုလုပ်ခြင်း(air cooled) သို့မဟုတ် ရေဖြင့် compressor ကို အေးအောင်ပြုလုပ်ခြင်း(water cooled) နှင့် compressor အရွယ်အစား၊ compressor အရေအတွက် စသည်တို့ အပေါ်တွင် မူတည်သည်။

Air cooled compressor များအတွက် လိုအပ်သည့် ventilationသည် လျှပ်စစ်မော်တာ စွမ်းအား(kW or HP) နှင့်ညီမျှသည်။ လျှပ်စစ်မော်တာမှသုံးလိုက်သည့် လျှပ်စစ်စွမ်းအားသည် အပူစွမ်းအင်(Heat energy)အဖြစ်သို့ ပြောင်းသွားသည်။ Water cooled compressor များအတွက်လိုအပ်သည့် ventilation သည် လျှပ်စစ်မော်တာမှ အသုံးပြုလိုက်သည့် စွမ်းအား(kW or HP)၏ ၁၀% မျှသာဖြစ်သည်။

အခန်း၏ အပူချိန်မြင့်တက် မလာစေရန်အတွက် compressor မှ ထွက်နေသည့် အပူများကို အမြဲမပြတ် ဖယ်ထုတ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ အခန်း၏ အပူချိန်ကို လက်ခံနိုင်သည့် အပူချိန်၌ ထားရှိရမည်။ Compressor ထားရှိမည့် စက်ခန်း(plant room)အတွက် လိုအပ်သော အချက်အလက်(information)များကို compressor ထုတ်လုပ်သူများ ထံမှ ရနိုင်သည်။

အောက်ပါပုံသေနည်းဖြင့်လည်း တွက်ယူနိုင်သည်။

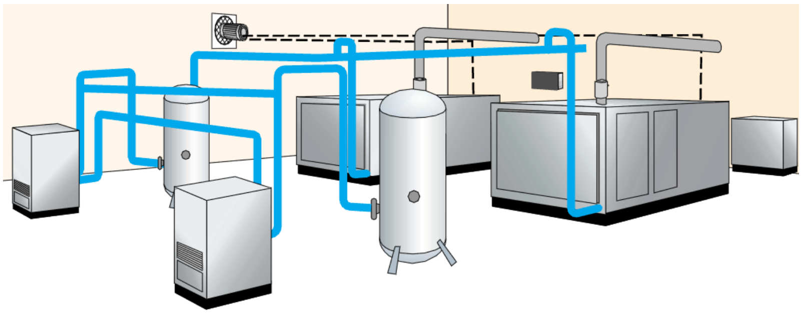
$$Pv = \frac{Qv}{1.25 \times \Delta T}$$

Pv =Quantity of ventilation air (m^3/s)

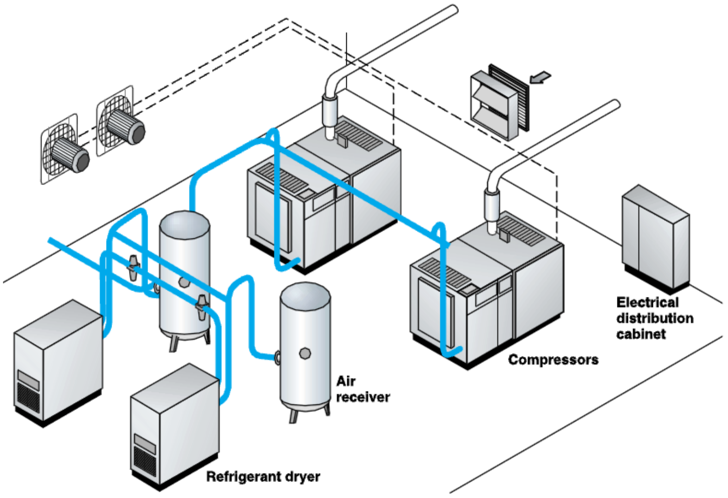
Q = heat flow (kW)

ΔT=permitted temperature raise

Ventilation air ကို ပြင်ပမှ ရယူသင့်သည်။ အလွန်ရှည်လျားသည့် duct ကို အသုံးမပြုသင့်ပါ။ လေရယူမည့် အပေါက်(inlet)ကို နေရောင်မထိုးသည့် နံရံ မျက်နှာပြင်ပေါ်၌ ထားရှိသင့်သည်။ ထို့ကြောင့် အေးသည့် လေများ ဝင်ရောက်နိုင်သည်။ ပြင်ပမှ ဖုန်များ၊ အမှိုက်များ မဝင်ရောက်စေရန် အတွက် သံဇကာဖြင့် ကာရံထားသင့်သည်။



ပုံ ၆-၇ Compressed air plant တစ်ခုကို ဖော်ပြ ထားသည်။ Electrical cabinets သည် compressor မှ (၅)ပေ(1500 mm)ထက် ပိုမဝေးသင့်ပေ။



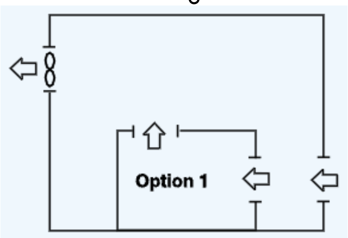
ပုံ ၆-၈ Double independent system

ပုံ (၆-၈)တွင် double independent system တစ်ခုကို ဖော်ပြထားသည်။ 100% reserve system ဟုလည်း ခေါ်ဆိုလေ့ရှိသည်။ Compressor ၊ receiver ၊ dryer တို့ကို နှစ်ခုစီ တပ်ဆင်ထားသောကြောင့် တစ်လုံးလုံးပျက်လျှင် compressed air system သည် ဆက်လက် အလုပ်လုပ်နေ လိမ့်မည်။

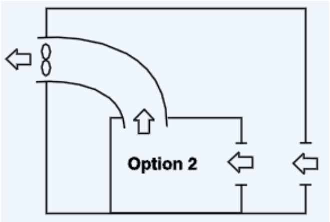
စုပ်ထုတ်မည့် ပန်ကာ(exhaust fan)ကို air intake ရှိသည့် နံရံ၏ မျက်နှာချင်းဆိုင်ဘက်တွင် တပ်ဆင်ထားသင့်သည်။ Compressor ထက်မြင့်သည့် နေရာ၌ တပ်ဆင်ထား သင့်သည်။ Compressor မှ လေပူများ အပေါ်သို့ တက်လာသည့်အခါ exhaust fan က စုပ်ယူသွားလိမ့်မည်။ လေဝင်လာသည့် အပေါက်မှ air velocity သည် 4 m/s ထက် မများသင့်ပေ။

တပ်ဆင်ထားသည့် ပန်ကာကို thermostat ဖြင့် control လုပ်၍ မောင်းသင့်သည်။ လိုအပ်သည့် အခန်း အပူချိန် ရောက်လျှင် ပန်ကာကို ပိတ်ပစ်ခြင်း နှင့် လက်ခံနိုင်သည့် အခန်းအပူချိန် ထက်များလျှင် ပန်ကာကို ပြန်မောင်းခြင်းနည်း တို့ဖြင့် control လုပ်နိုင်သည်။ အခန်းအတွင်းရှိ လက်ခံနိုင်သော အမြင့်ဆုံး အပူချိန်သည် ပြင်ပ အပူချိန်(outdoor temperature)ထက် 7°C သာများရမည်။

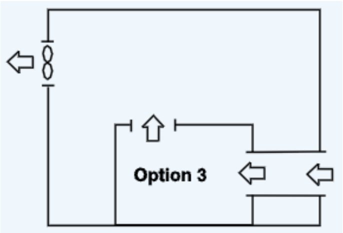
အောက်တွင် ventilation လုပ်နည်း လေးမျိုးကို ဖော်ပြထားသည်။



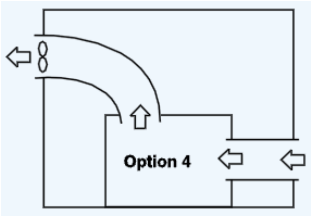
Option(1)



Option(2)

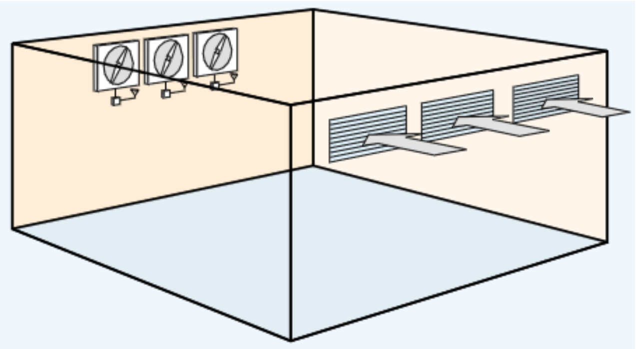


Option(3)



Option(4)

ပုံ ၆-၉ Compressed air plant room တစ်ခုအား နည်းအမျိုးမျိုးဖြင့် ventlation လုပ်နိုင်ပုံကို ဖော်ပြထားသည်။



ပုံ ၆-၁၀ နံရံတစ်ဖက်တွင် ပန်ကာများ(exhaust fans)ကို တပ်ဆင်ထား၍ အခြားမျက်နှာချင်းဆိုင် နံရံတွင် လေဝင်ပေါက်များကို တပ်ဆင်ထားသည်။ ပန်ကာများကို စက်ခန်း(plant room)၏ အပူချိန် အနည်း အများကို လိုက်၍ မောင်းခြင်း၊ ရပ်ခြင်း ပြုလုပ်သင့်သည်။

၆.၇ Compressor အမျိုးအစားရွေးချယ်ခြင်း(Selection of Compressor Types)

အသုံးပြုမည့်လုပ်ငန်းနှင့် သင့်လျော် ကိုက်ညီသည့် compressor အမျိုးအစား ရွေးချယ်ခြင်း(selection of compressor type)သည် compressed air system တစ်ခုလုံး၏ အဓိက အချက်ဖြစ်သည်။ အောက်ပါ အချက်များကို ဂရုတစိုက် အလေးပေး၍ compressor အမျိုးအစားကို ရွေးချယ်သင့်သည်။

(၁) တပ်ဆင်ရန် နေရာအကျယ် လုံလောက်မှု ရှိမရှိ

(၂) အလွန် ဆူညံသည့်အသံ ဖြစ်ပေါ်မှု ကန့်သတ်ချက်(Noise limitations)

(၃) Compressor မှ ထုတ်ပေးနိုင်သည့် ဖိအား(Compressor pressure capability)

(၄) Compressor မှ ထုတ်ပေးနိုင်သည့် အမြင့်ဆုံး လေပမာဏ(Maximum flow rate)

(၅) ဈေးကွက်တွင် ရရှိနိုင်ခြင်း၊ ဈေးနှုန်း နှင့် အရည်အသွေး(Availability, cost, and quality)

(၆) ဆီကင်းမဲ့သည့် လေရရန်လိုအပ်မှု(Need for oil-free air)

(၇) လျှပ်စစ်စွမ်းအား လိုသလို မရနိုင်မှု သို့မဟုတ် ကန့်သတ်ချက်များ(Electrical power limitations) နှင့်

(၈) အစဦးကုန်ကျစရိတ်နှင့် ရေရှည် ကုန်ကျစရိတ်(Initial cost and long-term cost) တို့ဖြစ်သည်။

၆.၇.၁ Compressor တစ်လုံးတည်းသာရှိသည့် System နှင့် Compressor များစွာရှိသည့် System (Centralization or Decentralization)

Compressor အကြီး တစ်လုံးတည်းကို အသုံးပြုခြင်း သို့မဟုတ် compressor ငယ်များစွာ အသုံးပြုခြင်း နှစ်မျိုးအနက် တစ်ခုခုကို ရွေးချယ်ရန်အတွက် အချက်များစွာကို စဉ်းစားရန်လိုသည်။ စာမျက်နှာ 6-7 မှ ပုံ(၆-၄)တွင် load profile ကိုလိုက်၍ သင့်လျော်သည့် compressor အရွယ်အစား နှင့် အရေအတွက်ကို ရွေးချယ်သင့်ပုံကို ဖော်ပြထားသည်။

(က) Compressed air မရ၍ ကုန်ထုတ်လုပ်မှု ရပ်ဆိုင်းသွားလျှင် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် ဆုံးရှုံးမှု(cost of a production stoppage)

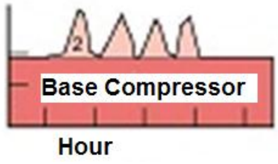
(ခ) လျှပ်စစ် စွမ်းအား ရနိုင်မှု(availability of electricity)

(ဂ) လေလိုအပ်မှု ပြောင်းလဲခြင်း(loading variations)

(ဃ) Compressed air system တစ်ခု တည်ဆောက်ရန် ကုန်ကျစရိတ် နှင့်

(င) တပ်ဆင်ရန် နေရာ အကျယ် ရရှိနိုင်မှု(available floor space) တို့ဖြစ်သည်။

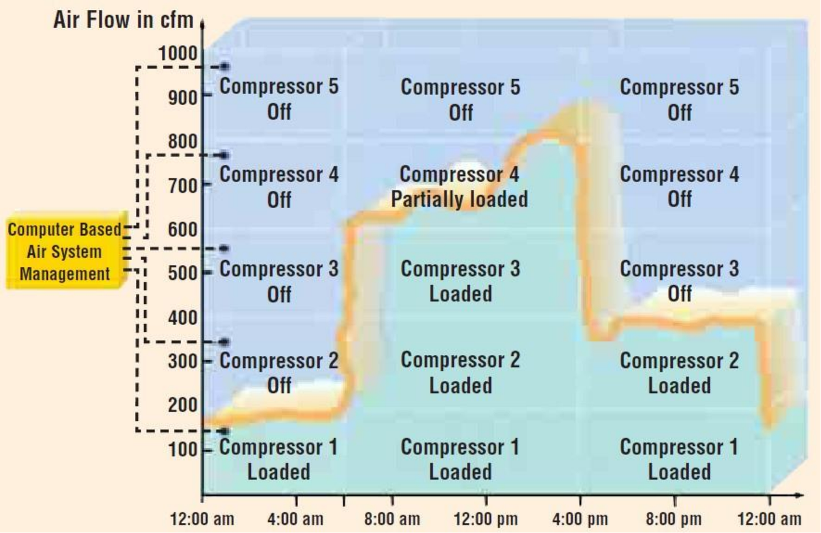
Based Compressor



Base load ကို မောင်းရန်အတွက် ရည်ရွယ်၍ တပ်ဆင်ထားသည့် compressor ကို "Base Compressor" ဟု သတ်မှတ်သည်။ Base load ဆိုသည်မှာ အမြဲတမ်းရှိနေသည့် constant load ကို ဆိုလိုသည်။

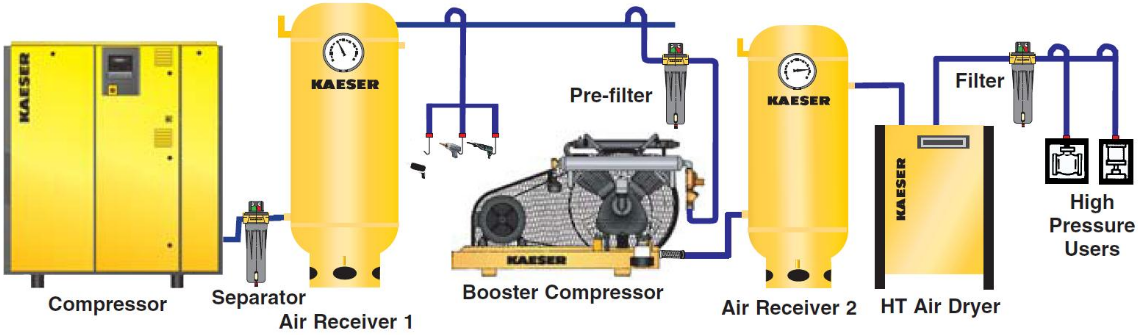
Trim Compressor

Base load ထက်ပိုများပြီး ပြောင်းလဲနေသည့် load ကို မောင်းရန် ရည်ရွယ်၍ တပ်ဆင် ထားသည့် compressor ကို "Trim Compressor" ဟုသတ်မှတ်သည်။



ပုံ ၆-၁၁ load နှင့်ကိုက်ညီသည့် compressor များ

Computer-based air system management တစ်ကို ဖော်ပြထားပုံဖြစ်သည်။ သင့်လျော်သည့် လေပမာဏ(flow) လုံလောက်သည့် ဖိအား(pressure) နှင့် အကောင်းဆုံးသော highest overall efficiency ကိုပေးနိုင်သည်။ Compressor များစွာ ပါဝင်သော multiple compressor system သည် compressor တစ်လုံး တည်းသာရှိသည့် single compressor systems ထက် ပိုကောင်းသည့် အချက်များစွာ ရှိသည်။



ပုံ ၆-၁၂ High Pressure Air System

(High Pressure ရရန်အတွက် "Booster Compressor" တပ်ဆင် ထားသည်။)

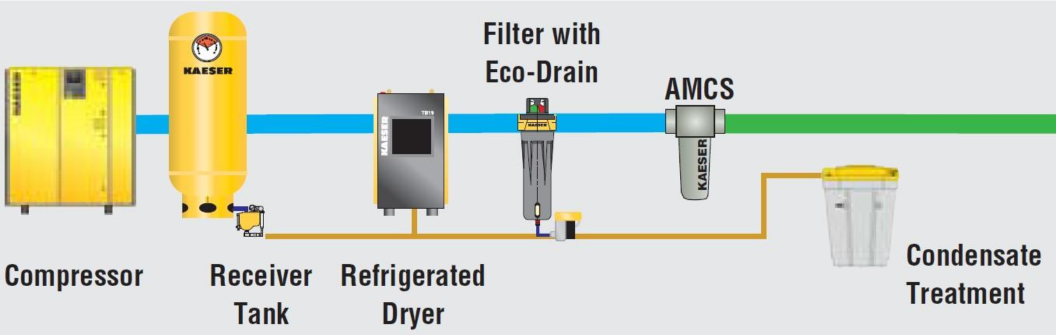
၆.၈ Centralized Compressor Installations

Compressor များ အားလုံးကို စက်ခန်း(plant room)တစ်ခု အတွင်းတွင် အတူတကွ "Centralized System" အဖြစ် တပ်ဆင်ထားခြင်းကို အများဆုံး တွေ့ရလေ့ရှိသည်။ ကုန်ကျစရိတ် နည်းသည်။ Compressor များကို တစ်နေရာတည်းတွင် တစ်စုတစ်ဝေးထားရှိ နိုင်သည်။ စနစ်တကျ ဒီဇိုင်းလုပ်နိုင်လျှင် ပို၍ efficiency

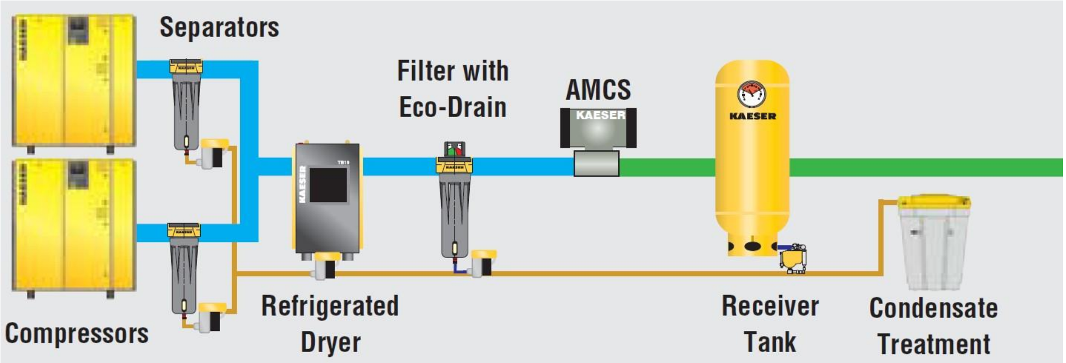
ကောင်းသည်။ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခ စရိတ်သက်သာသည်။ ကောင်းစွာ monitor လုပ်နိုင်သည်။ တစ်စုတစ်ဝေး တပ်ဆင်ထားသောကြောင့် နေရာ ကျဉ်းကျဉ်းသာ လိုသည်။ Filter ၊ cooler နှင့် တစ်ခြားသော auxiliary equipment များကို အကောင်းဆုံး ဖြစ်အောင် တပ်ဆင်နိုင်သည်။ ဆူညံသံပျောက်ရန် သို့မဟုတ် လျော့နည်းအောင် ပြုလုပ်ရန် လွယ်ကူသည်။ အရွယ်အစား၊ အမျိုးအစား မတူညီသော compressor များရှိသည့် "Centralized System" တွင် compressor များကို စနစ်တကျ sequence လုပ်ခြင်းဖြင့် efficiency ပိုကောင်းစေနိုင်သည်။

Decentralized Compressors

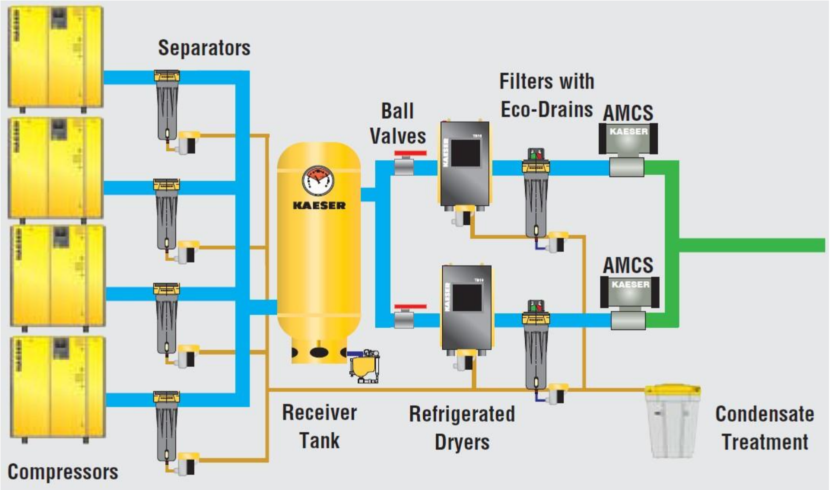
သေးငယ်သည့် compressor များ လိုအပ်သည့်နေရာ သို့မဟုတ် အသုံးပြုမည့်နေရာအနီးတွင် တပ်ဆင်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ Control လုပ်ရန် ခက်ခဲသည်။ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရန် ခက်ခဲသည်။



ပုံ ၆-၁၃ Single Compressor System



ပုံ ၆-၁၄ Multiple Compressor System



ပုံ ၆-၁၅ Multiple Compressors System with redundant clean air treatment

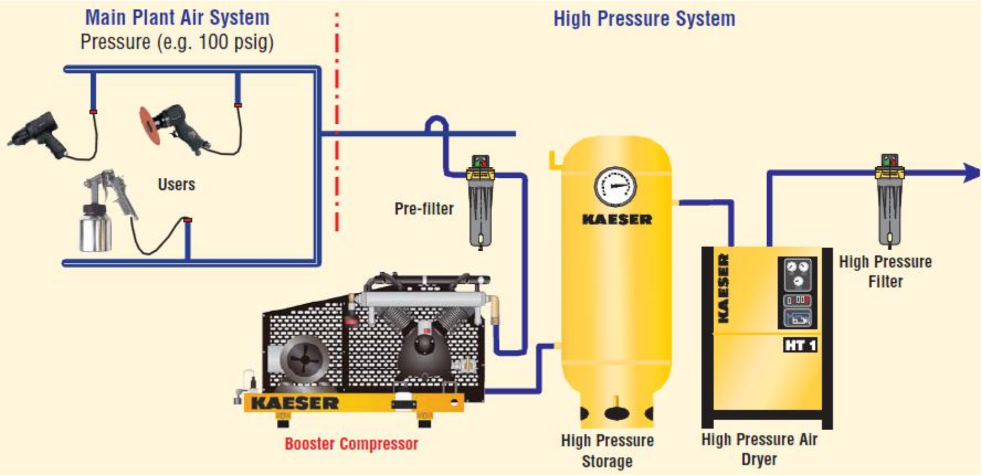
၆.၈.၁ Power Source

လျှပ်စစ်မော်တာ(Electric Motor)

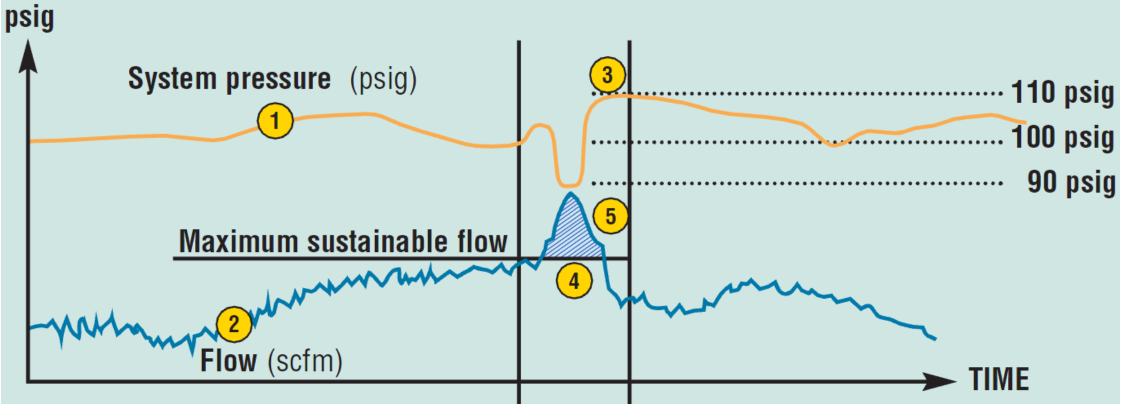
လျှပ်စစ်မော်တာများသည် ပင်လယ်ရေမျက်နှာပြင်(sea level)မှပေ(၁၀၀၀)အမြင့် အတွင်း၌ ကောင်းစွာ မောင်းနိုင်သည်။ လေထုအပူချိန် 40°C(104°F)အထိ မြင့်သည့် နေရာများတွင် မော်တာများ၏ စွမ်းဆောင်ရည် မပြောင်းလဲပဲ မောင်းနိုင်သည်။

အင်ဂျင်(Combustion Engine)

လေထုဖိအား(atmospheric pressure)နည်းခြင်း၊ အပူချိန်မြင့်တက်လာခြင်း၊ humidity နည်းခြင်း သို့မဟုတ် လေထဲတွင် အောက်ဆီဂျင် ပါဝင်မှုနည်းခြင်း စသည်တို့ကြောင့် ဒီဇယ်အင်ဂျင်စွမ်းအားကို ကျဆင်း စေနိုင်သည်။



ပုံ ၆-၁၆ Schematic of Plant Air System with Booster



ပုံ ၆-၁၇ System Pressure နှင့် Flow(SCFM) ဆက်စပ်ပုံကိုဖော်ပြထားသည်။

ဥပမာ - လက်ရှိမောင်းနေသည့် compressed air system တစ်ခု၏ actual demand နှင့် flow pattern တို့ကို ဖော်ပြထားသည်။ Flow နှင့် ဖိအား(pressure)တို့သည် ပြောင်းပြန်ဆက်စပ်(inversely related) နေသည်။

Point 1 သည် system pressure ဖြစ်သည်။

Point 2 သည် ထိုအချိန်(Point 1, system pressure)၌ ရှိသည့် လေစီးနှုန်း(Flow[SCFM]) ဖြစ်သည်။

Point 3 မတိုင်ခင်အချိန်တွင် desired low pressure set points 100 psig မှ 90 psig ကျဆင်းသွားသည်။

Point 4 အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် Point 4 တွင် actual demand flow အလွန်အမင်း မြင့်တက်လာမှုကြောင့် system pressure ကျဆင်းသွားခြင်း ဖြစ်သည်။

Point 5 ခြစ်ထားသည့်(hatched area) ဧရိယာသည် လက်ခံနိုင်သည့် လေစီးနှုန်း(flow)ထက် ပိုများသည့် ပမာဏ ဖြစ်သည်။

ဖိအား(system pressure)ကို ထိန်းထားနိုင်ရန် အတွက် actual demand flow သည် လက်ခံနိုင်သည့် flow ပမာဏထက် ပိုမများရန် လိုသည်။ ထိုကဲ့သို့ actual demand flow မြင့်တက်သည့်အခါ ဖိအား(system pressure)မကျသွားစေရန် အတွက် လုံလောက်သော storage capacity သို့မဟုတ် အရွယ်အစားကြီးမားသည့် လေလှောင်ကန်(receiver tank) တပ်ဆင်ထားရန် လိုသည်။ လေလှောင်ကန်(receiver tank)သည် peak demand ကြောင့်ဖြစ်နိုင်သည့် ဖိအားကျဆင်းမှုကို လျော့နည်းစေနိုင်သည်။

၆.၈.၂ Annual Electricity Cost(တစ်နှစ်စာ လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခ ကုန်ကျစရိတ်တွက်ခြင်း)

$$Annual\ electricity\ Cost = \frac{BHP\ x\ 0.746\ x\ hours\ x\ cost}{motor\ efficiency}$$

BHP = motor full load horsepower (1 HP = 0.746 kW)

Hours = Annual hours of operation(တစ်နှစ် အတွင်းမောင်းသည့်နာရီပေါင်း)

Cost = electricity cost in $ / kWh(လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခ)

Motor Efficiency = motor nameplate full load efficiency

ဥပမာ မြင်းကောင်ရေ(၂၀၀)အား(200 HP) compressor တစ်လုံး၏ motor full load efficiency သည် ၉၅% ဖြစ်သည်။ တစ်နှစ်အတွင်း နာရီပေါင်း(၄၁၆၀)မောင်းလျှင် တစ်နှစ်စာကုန်ကျမည့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခကို ရှာပါ။ လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခနှုန်းသည် တစ်ယူနစ်(1 kWh)လျှင် 0.05 ဒေါ်လာ နှုန်းဖြစ်သည်။ ($0.05/1 kWh)

$$Annual\ electricity\ Cost = \frac{200\ hpx\ 0.746\ x\ 4160\ hr\ x\ 0.05}{0.95}$$

တစ်နှစ်အတွက် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခ ကုန်ကျစရိတ် သည် $ 32,667 ဖြစ်သည်။

Compressor modulation ဥပမာ Compressed air system ကို လေ့လာရန်အတွက် အောက်ပါအချက်များ စုဆောင်း ရရှိခဲ့သည်။

(က) Reciprocating Compressors 1, 2, 3, 4, 5 ဟူ၍ compressor ငါးလုံးရှိသည်။

Compressor Reference	Measured Capacity CMM (@ 7 kg/ cm^2)	'On' Load kW	'Unload' kW	Load Time Min.	Unload Time Min.
Compressor 1	13.17	115.30	42.3	Full time*	Nil
Compressor 2	12.32	117.20	51.8	Full time*	Nil
Compressor 3	13.14	108.30	43.3	Full time*	Nil
Compressor 4	12.75	104.30	29.8	Full time*	Nil
Compressor 5	13.65	109.30	39.3	5.88 min.	39.12 min.

* Compressors running in load conditions and not getting unloaded during normal operations.

အထက်ပါ အချက်များကို အသုံးပြု၍ compressed air system ကို ဆန်းစစ်ပါ။

တွက်နည်း

Compressor 5 မှ cycle time သည် 45 minutes (39.12 + 5.88) ဖြစ်သည်။

(၁) Compressed air မှ ထုတ်ပေးသည့် လေထုထည်(generated in m^3) ကိုတွက်ရန်

Measured Capacity သည်(m^3/min) ဖြစ်သည်။ လေထုထည်(air volume)ကို ရရန် capacity (m^3/min) နှင့်မောင်းချိန်(45 min) ကို မြှောက်ရမည်။

= 45 (13.17) + 45 (12.32) + 45 (13.14) + 45 (12.75) + 5.88 (13.65)

= 2392.36 m^3

(၂) Power consumption (kWh) ကိုတွက်ရန် Compressor 1 မှ Compressor 4 အထိတွင် unload time တိုင်းမရှိပါ။ Compressor 5 တွင် load time (5.88 min) နှင့် unload time (39.12 min) ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့်

= 45/60 (115.3) + 45/60 (117.20) + 45 / 60 (108.3) + 45/60 (104.3) + 5.88/60 (109.30) + (39.12) / 60) 39.3

= 370.21 kWh/ 45 Minutes

(၃) Compressed air ထုတ်ပေးသည်ထုထည်(actual generation capacity - m^3) ကိုတွက်ရန်

= 45 [13.17 + 12.32 + 13.14 + 12.75 + 13.65] = 2926.35 m^3

(၄) Compressed air သုံးစွဲနှုန်း (consumption rate) ကိုတွက်ရန်

= 2392.36 / 45 = 53.16 m^3/minute

(၅) Compressed air သုံးစွဲနှုန်း (consumption rate)ကို ရာခိုင်နှုန်း(% of capacity)ဖြင့် ဖော်ပြလိုလျှင်

= [2392.36 / 2926.35]/100 = 81.75%

(၆) Specific power consumption ကိုတွက်ရန်

Specific power consumption = 370.21 / 2392.36 = 0.155 kW/m^3

(၇) Unload အချိန်တွင် သုံးစွဲသည့် စွမ်းအင်ပမာဏ

Idle power consumption due to unload operation = 25.62 kWh in every 45 minutes cycle i.e., 34.16 kWh every hour.

(၈) Unload အချိန်တွင် စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှု(loss)များသည့် compressor အစား သင့်လျော်သည့် compressor အငယ်စား တစ်လုံးတပ်ဆင်၍ မောင်းနိုင်သည်။ (A suitable smaller capacity compressor can be planned to replace the compressor with highest unload losses.)

၆.၉ Rule of Thumbs

"Rule of Thumb" ဆိုသည်မှာ အကြမ်းအားဖြင့် ခန့်မှန်း တွက်ချက်မှုများပြုလုပ်ရန် အသုံးပြုနိုင်သည့် တန်ဖိုးများဖြစ်သည်။ လိုအပ်သည့် အချက်အလက်များ အတိအကျ မရနိုင်သည့်အခါ Rule of Thumb တန်ဖိုးများကို အခြေခံ၍ တွက်ချက်မှုများ ဆက်လက်ပြုလုပ်နိုင်သည်။ သင့်လျော်သည့် ယူဆချက်များ (suitable assumption)ပြုလုပ်၍ Rule of Thumb များကို ပြင်ဆင် ပြုစုထားသည်။

(၁) Air compressor များသည် ဖိအား(discharge pressure) 100 psig ဖြင့် 4 CFM သို့မဟုတ် 5 CFM ထုတ်ပေးရန် အတွက် မြင်းကောင်ရေ တစ်ကောင်အား(1HP) လိုအပ်သည်။

(၂) Compressed air system များ၏ အရွယ်အစားကို လိုက်၍ 1000 CFM ထုတ်ရန်အတွက် ကုန်ကျစရိတ် အမေရိကန်ဒေါ်လာ(၂၅)ဆင့်မှ (၃၀)ဆင့် ကုန်ကျသည်။ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခစရိတ် (maintenance cost) ပါဝင်သည်။

(၃) ဖိအား(pressure) 2 psi လျှော့ချနိုင်တိုင်း efficiency ပိုကောင်းလာပြီး စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(emergy consumption) ၁% လျော့နည်းလိမ့်မည်။

(၄) 4 CFM မှ 5 CFM 100 psig ကိုထုတ်ရန်အတွက် စက်စွမ်းအား မြင်းကောင်ရေတစ်ကောင် လိုအပ်သည်။ မြင်းကောင်ရေ တစ်ကောင်အားကို တစ်နှစ်ပတ်လုံး အဆက်မပြတ်မောင်းလျှင် $750 ကုန်ကျမည်။ (လျှပ်စစ်ဓာတ်အား တစ်ယူနစ်(kWh)လျှင် (၁၀)ဆင့်နှုန်း (10 cent/kWh)

(၅) မြင်းကောင်ရေ(၅၀)အား (50 HP)ရှိသော compressor မှ တစ်နာရီလျှင် 126,000 Btu အပူပမာဏကို စွန့်ထုတ်သည်။ (Heat rejection လုပ်မည်။)

(၆) အပူချိန်(၁၀၀)ဒီဂရီဖာရင်ဟိုက်(100ºF)ရှိသော saturated compressed air အတွင်း၌ ပါရှိသော ရေခိုးရေငွေ့(water vavpor content)မှ 100 CFM compressor ကို အမြဲတမ်းမောင်းထားလျှင် ရရှိနိုင်သော ရေပမာဏသည် တစ်နေ့လျှင် ရေခြောက်ဂါလံ(6 gallons per day)နှုန်း ဖြစ်သည်။

(၇) ဖိအား 100 psig ဖြင့်မောင်းနေသည့် compressor မှ ထွက်လာသည့် compressed air ကို ရေဖြင့် အအေးခံလိုလျှင်(water-cooled after cooler ကိုသုံး၍) 100 CFM တိုင်းအတွက် တစ်မိနစ်လျှင် ရေသုံးဂါလံနှုန်း လိုအပ်သည်။ (3 GPM per 100 CFM)

(၈) Saturated compressed air မှ 20ºF ကျဆင်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်လျှင် compressed air ထဲ၌ ပါရှိသည့် ရေခိုးရေငွေ့ပါဝင်မှု(water vapor content)၏ ၅၀% သည် condensation ဖြစ်သွားလိမ့်မည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ရေအဖြစ်သို့ ပြောင်းသွားလိမ့်မည်။

(၉) Compressed air filter ဖြင့် စစ်ပြီးထွက်လာသည့် compressed air သည် ကျွန်ုပ်တို့နေ့စဉ် အသက်ရှူနေသည့် လေထက် အဆပေါင်း နှစ်သိန်းခွဲခန့် ပို၍ သန့်ရှင်းသည်။

(၁၀) Compressed air system တစ်ခုတွင် ပါရှိသည့် compoment များအားလုံး (ပိုက်များပါဝင်သည်။) ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop)သည် 15 psi ထက် ပိုမများသင့်ပေ။ တစ်နည်းအားဖြင့် 15 psi ထက်နည်း ရမည်။

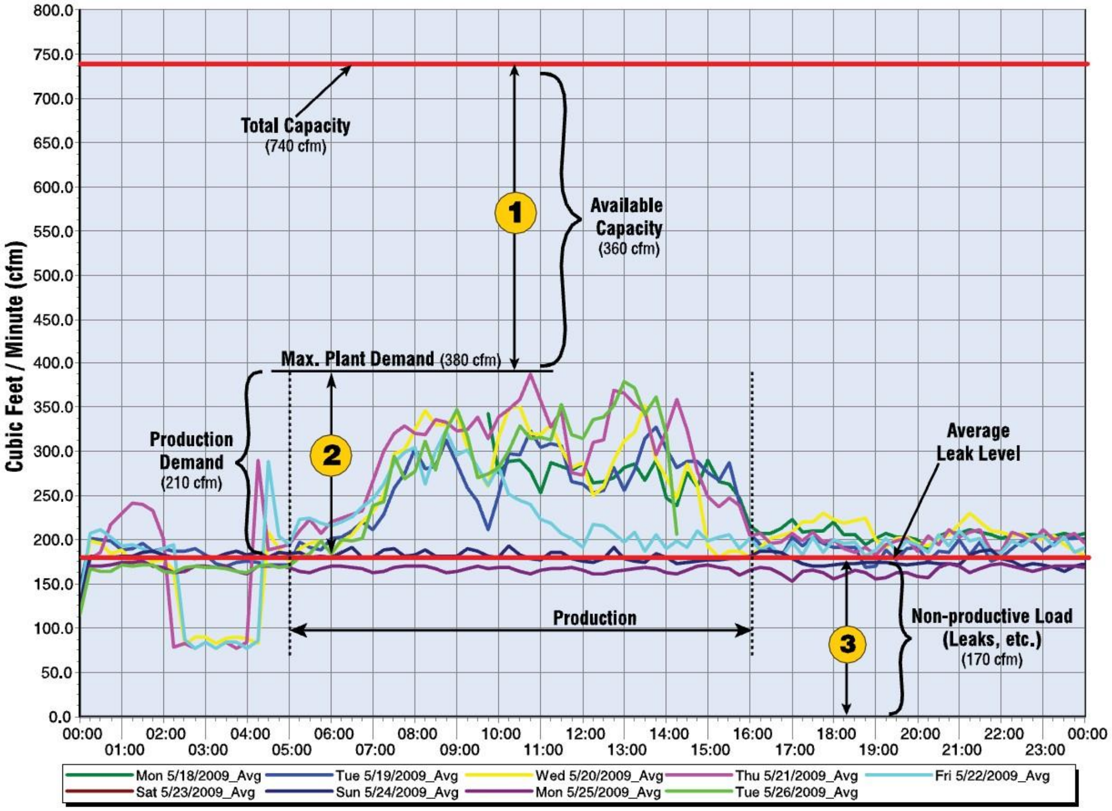
(၁၁) လေလှောင်ကန်(storage tank)၏ အရွယ်အစားရွေးချယ်ရာတွင် demand profile ကို အခြေခံသင့်သည်။ System အများစု၌ လုံလောက်သောလေလှောင်ကန်(storage tank)အရွယ်အစား မရှိကြပါ။ လေလှောင်ကန်(storage tank)ကို ကြီးအောင်ပြုလုပ်ခြင်းသည် system တစ်ခုလုံး၏စွမ်းဆောင်ရည် (Performance)ပိုကောင်းစေရန်အတွက် ဈေးအပေါဆုံးနည်း(အကုန်အကျ အနည်းဆုံးသောနည်း) ဖြစ်သည်။

၆.၁၀ Air Demand Analysis (ADA)

Point 1 သည် တပ်ဆင်ထားသည့် compressor များမှ လေထွက်နှုန်း(capacity) စုစုပေါင်းဖြစ်သည်။ Total capacity သို့မဟုတ် total air available from existing system ဖြစ်သည်။

Point 2 သည် peak production demand သည် ရရှိနိုင်သည့် လေထွက်နှုန်း(available capacity)၏ ၃၀% ဖြစ်သည်။

Point 3 Leaks ၊ artificial demand နှင့် other non-productive factor များကြောင့် air consumption များနေခြင်းဖြစ်သည်။ ထို non productive load များကို လျှော့ချနိုင်အောင် ကြိုးစားသင့်သည်။



၆.၁၈ Air Demand Analysis (ADA) တစ်ခုပြုလုပ်ထားပုံ

၆.၁၁ Compressed Air System နှင့်သက်ဆိုင်သည့် Reference Code များ

Compressed air system တစ်ခုကို ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရန်၊ တပ်ဆင်ရန်၊ လည်ပတ်ရန် နှင့် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရန် တို့အတွက် အောက်ပါ စည်းမျဉ်းစည်းကမ်းများကို လိုက်နာရန် လိုသည်။ Code များသည် နိုင်ငံတကာနှင့် သက်ဆိုင်သော်လည်း တပ်ဆင်အသုံးပြုသည့် နိုင်ငံများကို လိုက်၍ အနည်းငယ် ကွာခြားမှု ရှိနိုင်သည်။

ANSI/ISA S7.0.01 Quality Standards for Instrument Air

API 617 Centrifugal Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services

API 618 Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services

API 619 Rotary-Type Positive Displacement Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services

API 672 Packaged, Integrally Geared Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services

ASME ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Div.1

ASME/ANSI B16.5 Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings

ASME/ANSI B31.1 Power Piping

ASME/ANSI B31.3 Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping

ANSI/CAGI B19.1, Safety Standard for Air Compressor Systems

CAGI B186.1 Safety Code for Portable Air Tools

ISO 11148 Series

Safety related regulations and standards

EN 1012-1 Compressors and vacuum pumps – Safety demands

EN 1012-2 Compressors and vacuum pumps – Safety demands

Pressure safety

EN 764 Pressure equipment – Terminology and symbols - Pressure, temperature.

EN 286-1 Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen –

Part 1: Design, manufacture and testing

EN 286-2 Simple unfired pressure vessels designated to contain air or nitrogen

EN 286-3 Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen

EN 286-4 Simple unfired pressure vessels designed to contain air or nitrogen

ISO 3857-1 Compressors, pneumatic tools and machines - Vocabulary - Part 1: General

ISO 3857-2 Compressors, pneumatic tools and machines - Vocabulary - Part 2: Compressors

ISO 5390 Compressors - Classification

ISO 5941 Compressors, tools and machines

SS-ISO 1217 Compressed air technology – displacement compressors – delivery tests

ISO 5389 Turbo-compressors – Performance test code

ISO 7183-1 Compressed air dryers -

ISO 7183-1 Compressed air dryers - Part 2: Performance ratings

ISO 8010 Compressors for the process industry - Screw and related types

ISO 8011 Compressors for the process industry - Turbo types

-End-