Cadet Kyaw Naing

Refer (2)

Refrigeration

Maintenance and

Repairing

[illegible]

(Field Note Book)

Volume [illegible]

[illegible]

[illegible]

Refrigerator

Freon compression Refrigeration cycle
၎င်းအဓိကအားဖြင့်ပါဝင်သော အစိတ်အပိုင်းကြီး အစိတ်အပိုင်း
များမှာ -

(၁) compressor
(၂) condenser
(၃) Receiver ခေါ် ဓါတ်ရည်သိုလှောင်အိုး
(၄) thermostatic Expansion value ခေါ် အပူထိန်း
ဓါတ်အားလျှော့ဗါး (TEV)
(၅) Evaporator ခေါ် အငွေ့ပျံကိရိယာတို့ ဖြစ်သည် (EVA)
အထက်ပါ အစိတ်အပိုင်းများနှင့်အတူ ရေခဲသေတ္တာ ပစ္စည်းများ
ကိုပါတွဲဖက် အသုံးပြုသည်။

(၁) compressor ကိုမောင်းနှင်ပေးသော စက်ကိရိယာ
(motor or Engine).
(၂) ဓါတ်ငွေ့/အရည်များ စီးဆင်းရန် ပိုက်လိုင်းများနှင့် အဆို့
ဗါးများ
(၃) ဓါတ်ငွေ့ ဖိအား အပူချိန်ပြကိရိယာ နှင့် အဆင့်ပြကိရိယာများ
(gauges)
(၄) ဓါတ်ငွေ့ အသွင်း / အထွက် ဖြည့်သွင်းရန် ဗါး
(၅) အပူချိန်ထိန်း ခလုတ်ကိရိယာများ
(၆) ဖိအားထိန်း ခလုတ် ~~[illegible]~~ ပြီး compressor
ကို အလိုအလျောက် ပိတ်ပေးသော ကိရိယာများ

(၇) အဝေအပေး - ကရိယာ အတွက် ရှိ အပေါ်သော ၆၂/၆ ~ အတွင်း/အပြင်
ပိုင်း

(က) အဓိကအချိန်းများနှင့် အတိုင်းသော ရှိလာရိုင်း များ အလှ ...
ကပစ္စည်းများ

(ခ) ဓာတ်ငွေ့

လုပ်ဆောင်ပုံ

compressor မှ ထွက်လာသော ဖိအား မြင့်၊ ဓာတ်ငွေ့ ရှိလာကို condenser ထဲသို့ ပို့ပေး ဝင်ရောက်စေသည်။

condenser မှ ထွက်လာသော ဓာတ်ရည် ကို Receiver ထဲ သို့ ဝင်ရောက်စေသည်။

Receiver ထဲမှ ထွက်လာ ရှိလာသည့် ဓာတ်ငွေ့ ... ဖိအားများနှင့် အဆင်းပါးများ ... များ ပေးထားသည်။

ဖိအား ထိန်းချုပ်ပေး (TEV) ဝင်ပါသည်။

(TEV) ထဲမှ ထွက်လာသည်။ (Evaporator) အတွင်းသို့ ဝင်လာသည်။

(EVA) မှ ထွက်လာသည်။ compressor အတွင်းသို့ ဝင်လာသည်။

အလုပ်လုပ်ပုံ ၂

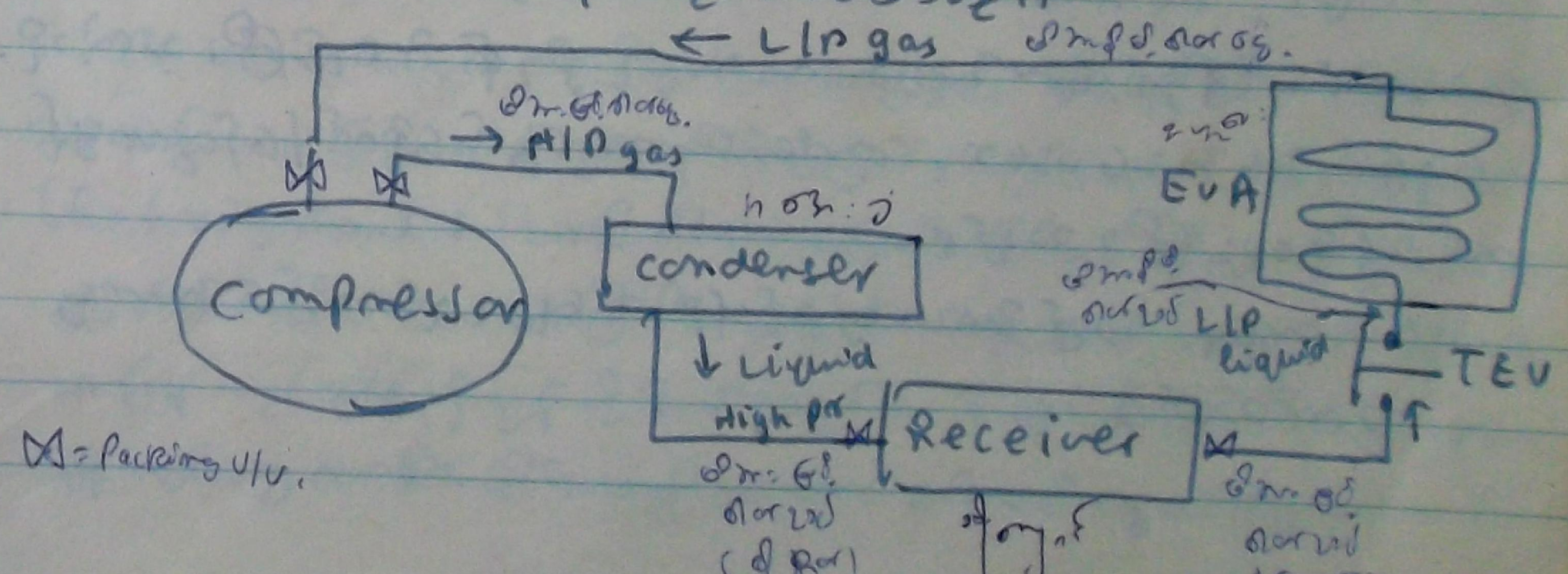
① compressor သည် (EVA) အတွင်းမှ ဖိအား နိမ့်၊ ဓာတ်ငွေ့ ကိုစုပ်ယူ၍ ဖိအားမြင့်၊ အပူချိန်မြင့် ဓာတ်ငွေ့အဖြစ် condenser ထဲသို့ တွန်းပို့ပေးသည်။

② condenser သည် compressor မှ လာသော ဖိအား မြင့်၊ အပူ မြင့်၊ သည့် ပူနွေးသော ဓာတ်ငွေ့ မှ အပူများ အငွေ့ ပြန်ဖြစ်ပူ (Latent Heat of condensation) ကိုစုပ်ယူ၍ ဓာတ်ငွေ့ အဖြစ်မှ ဖိအားမြင့် ပြောင်းစေ၍ အရည် အဖြစ်သို့ ပြောင်းစေသည်။

③ Receiver သည် condenser အတွင်းမှ ဝင်လာသော ဓာတ်ရည်များ ကို သိုလှောင်ပေးသည်။

④ TEV သည် Receiver မှ လာသော ဓာတ်ရည်များကို ဖိအား မြင့်မှ နိမ့်သို့ ... ထိန်းချုပ်ပေးသည်။

⑤ EVA သည် TEV မှ ထွက်လာသည့် ဖိအား နိမ့် ဓာတ်ရည် များ အငွေ့ ပျံခြင်းဖြင့် ... အပူများ အငွေ့ ပျံ အပူ (Latent Heat of Evaporation) ကိုစုပ်ယူ၍ အအေး ပေးသည်။



[illegible]
compressor များဖြစ်ကြသည်။ [illegible]
[illegible] compressor [illegible]
[illegible] ဖြစ်သည်။

compressor [illegible] များမှာ
(၁) Head
(၂) Value plate (သို့) Discharge value plate
(၃) Piston connecting Rod (သို့) Piston suction value နှင့် connecting Rod.
(၄) Crank shaft and Shaft ~~real~~ seat.
(၅) compressor body တို့ ဖြစ်သည်။

condenser များ

condenser [illegible]
(က) လေ [illegible] condenser
(ခ) ရေ [illegible] condenser.
[illegible] condenser [illegible]
[illegible]
[illegible] condenser [illegible]
[illegible]
([illegible])

Receiver များ

Receiver များ [illegible] (Ref. plant) [illegible]
[illegible]
[illegible]

Thermostatic Expansion value (TEV) ၊
TEV [illegible] TEV
[illegible] များမှာ
(၁) [illegible] (ပိုက်)
(၂) [illegible]
(Orific)
(၃) Orific [illegible]
(၄) [illegible] (Diaphram).
(၅) Diaphragm [illegible]
(၆) [illegible] Bulb နှင့် Tube.
(၇) Diaphragm [illegible]
ဖြစ်သည်။

TEV [illegible]
[illegible]
(Refrigerant) [illegible] (သို့) compressor
[illegible]
[illegible] TEV [illegible]
[illegible]

[illegible] TEV [illegible]
[illegible]

Evaporator

EVA [illegible] (GAC wrought Iron) [illegible] TEV [illegible] (EVA) [illegible] EVA coil [illegible] (EVA) [illegible] TEV [illegible] Bulb [illegible]

compressor [illegible]

[illegible] (3/440V 60C/S) motor [illegible] compressor [illegible]

[illegible]

Refrigrant valves and pipes (Tubings) [illegible]

[illegible]

[illegible]

(၁) [illegible]

(၂) [illegible]

[illegible]

(၁) comp: [illegible] condenser [illegible] → [illegible]

(၂) compressor [illegible] (Receiver) [illegible] TEV [illegible]

(၃) TEV [illegible] (Evaporator coil) [illegible]

(၄) Eva: coil [illegible] compressor [illegible]

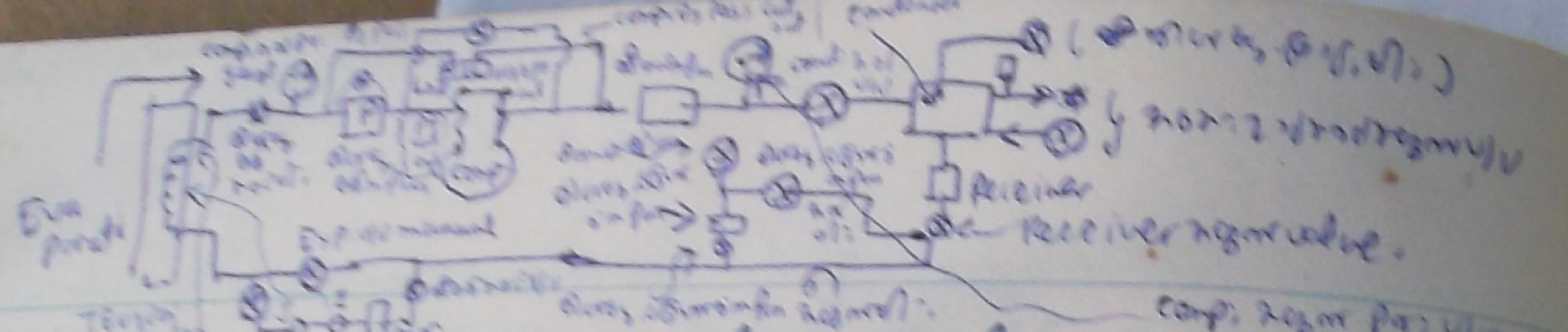
[illegible] Pressure gauge [illegible] gauge line [illegible]

[illegible]

(၁) Packing [illegible] (Packing value)

(၂) Packing [illegible] (Packing value or Packet value).

[illegible] compressor [illegible] value [illegible] Receiver [illegible] value [illegible] (Packing value) [illegible]



value အမည်:သည် pack less value များ ဖြစ်ကြသည်
[illegible]
value များမှာ

(၁) compressor ဝင်ပေါက်
(၂) compressor [illegible] pressure gauge line valve.
(၃) Receiver & Inlet ဝင်ပေါက်
(၄) Receiver ထွက်ပေါက် out let valve.
(၅) Dehydrator [illegible] ဝင်ပေါက်
(၆) Dehydrator [illegible] ထွက်ပေါက်
(၇) Dehydrator [illegible]
(၈) [illegible] filter ဝင်ပေါက်
(၉) [illegible] filter ထွက်ပေါက်
(၁၀) [illegible] filter [illegible] (By Pass)
(၁၁) TEV ဝင်ပေါက်
(၁၂) TEV [illegible] (manual expansion valves)
(၁၃) EVA coil ထွက်ပေါက်

→ [illegible] (၁) comp: (၂) eva (၃) filter (၄) condenser (TEV) Inlet and let value များ
(၅) By pass value များ (၆) pri gauge value များ (Temp: များ)
[illegible]
→ comp: pri; temp [illegible]

(၁၄) compressor ဝင်ပေါက်
(၁၅) compresser ဝင်ပေါက် pressure gauge line value [illegible]

[illegible] Liq charging [illegible] connection [illegible] gas charging [illegible] connection [illegible] (cap) [illegible]

[illegible]

[illegible] operation condition [illegible]
(၁) compressor ထွက်ပေါက် High pressure gauge.
(၂) compressor ထွက်ပေါက် [illegible]

(၃) Receiver [illegible]

(၄) Receiver [illegible] (Flow meter).

(၅) TEV [illegible]

(၆) compressor ၏ low pressure gauge.

(၇) compressor ၏ [illegible]

(၈) TEV ၏ [illegible] solenoid valve.

(၉) compressor ၏ [illegible] Low pressure cutout valve and connection.

(၁၀) compressor ၏ [illegible] ~~tour~~ High pressure cutout valve and connection.

(၁၁) [illegible] Thermostatic cutout.

Operation of A Refrigeration plant

[illegible]

[illegible]

[illegible] (Ref: plant) [illegible] compressor [illegible]

[illegible]

compressor [illegible]

[illegible]

compressor [illegible]

Low pressure - 0 psi → 6 psi
Intermediate - 11 psi
High pressure - 13 psi → 15 psi

Charging 20 psi ≈
Temp - 10, - 20 degree.

[illegible]

[illegible]

Points to check before starting a Ref: Plant

① Ref: value [illegible]

② compressor [illegible]

③ compressor ~~[illegible]~~ [illegible]

④ compressor [illegible]

⑤ compressor ၏ crankshaft seal [illegible]

⑥ Low and High pressure gauge [illegible]

⑦ condenser [illegible]

⑧ compressor ၏ Foundation Bolt [illegible]

ဓာတ်ငွေ့ဖြည့်ခြင်း ၁၂

ရေခဲစက် လည်ပတ်ခြင်း ဖြစ်စဉ်မှ ။ အဝေးအနီး ပြင်ပ ဓာတ်ငွေ့ ပိုလျှံ လျော့နည်းမှုကို စစ်ဆေးနိုင်ပါသည်။

(၁) LP gauge နှင့် HP gauge တို့ကို ကြည့်၍ စစ်ခြင်း။
L.P သည် ~~HP~~ ထက် HP သည် များနေရမည်

(၂) compressor ၏ အသံကို နားထောင်ခြင်း ဖြင့် လည်ပတ်မှုကို စစ်ဆေးခြင်း။

(၃) Liquid flow meter ကို စစ်ဆေးခြင်း။

(၄) motor လည်ပတ်မှု ပုံမှန် ဖြစ် ရှိမရှိ စစ်ဆေးခြင်း။

(၅) condenser အပူချိန်ကို စစ်ဆေးခြင်း။

(၆) TEV [illegible] အပူချိန်ကို စစ်ဆေးခြင်း။

(၇) Solenoid value အပူချိန် ရှိမရှိ စစ်ဆေးခြင်း။

(၈) Suction နှင့် Discharge အပူချိန်

(၉) cut out များ ပုံမှန် ဖြစ် အလုပ်လုပ်ခြင်း ရှိမရှိ စစ်ဆေးနိုင်သည်။

(၁) Low Pressure gauge

(က) ~~High~~ Low Pressure သည် [illegible] များ ဖြစ်၍ ပြောင်းလဲ [illegible] ဖြင့် အလုပ်လုပ်သည်။

၁၃

(ခ) Low Pressure Automatic ရပ်သွားသည်ကို (သို့) 0 PSI ဖြစ်သွားသည် ကို တွေ့ရှိရ
(ဂ) အကြောင်းမှာ 0 PSI အောက် ရောက်၍ ပြန်လည် (သို့) Auto ရပ်သွားခြင်း main valve ကို ပိတ်ထား ပြီး valve များ ကိုဖွင့်ပေးရမည်။

(၂) High Pressure gauge

(က) High Pressure သည် ပုံမှန်ထက် များ ဖြင့် များ ပြောင်းလဲ အတက်အကျ ရှိသည်။
(ခ) Auto ရပ်သွားသည် (သို့) များ ဖြစ် ရောက်သွားသည်ကို တွေ့ရ။
(ဂ) အကြောင်းမှာ များ ဖြစ်နေ (သို့) Auto ရပ်သွား ခြင်းကြောင့် main valve ကို ပိတ်ထား ပြီး valve များ ပြန်ဖွင့် စစ်ဆေးရမည်။

(၃) compressor အသံ နှင့် လည်ပတ်မှု

(က) ပုံမှန် ထက် မြန်ခြင်း ရပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။
(ခ) လည်ပတ်မှု ပြောင်းလဲ၍ ဖြစ်ပေါ် ရပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။
(ဂ) ရပ်ခြင်း များ ဖြစ်ပေါ် ရပ်ခြင်း စစ်ဆေးခြင်း ပြုပြင်ရမည်
(ဃ) ပုံမှန်သံ ပေါ်ထွက်လာ ၊ ထို့အပြင် များ ရမည်။ [illegible] ရပ်ခြင်း [illegible] ~~[illegible]~~ ၊ [illegible] ရမည်။ [illegible] (၃) [illegible]

၁၄

[illegible] စစ်ဆေး [illegible] ရမည်။

(၄) liquid flow meter

(က) flow meter [illegible] ရမည်။

(ခ) [illegible] ရမည်။

(ဂ) [illegible] ရမည်။

(ဃ) [illegible] condenser နှင့် HP gauge ကို စစ်ဆေးရမည်။

(၅) motor [illegible]

[illegible] ကို စစ်ဆေးရမည်။

(၆) condenser [illegible]

(က) [illegible] စစ်ဆေး ရမည်

(ခ) [illegible] စစ်ဆေးရမည်။

၁၅

(၇) TEV [illegible]

(က) [illegible] ရမည်

(ခ) TEV [illegible] ရမည်။

(၈) solenoid valve [illegible]

(က) [illegible] solenoid valve [illegible] (gauge glass) flow meter နှင့် valve များ [illegible] စစ်ဆေး [illegible]။

(ခ) Solenoid valve [illegible] ရမည်။

(၉) compressor suction နှင့် discharge [illegible]

(က) compressor ၏ suction [illegible] discharge [illegible]

(ခ) suction [illegible]

(ဂ) discharge [illegible]

(ဃ) [illegible] pressure gauge များ နှင့် TEV [illegible]

စာမေးပွဲ [illegible] → * [illegible] LP နှင့် HP pressure [illegible]

စစ်ဆေးရမည့် [illegible]

(၁၀) cutout များ မှန်ကန်စွာ အလုပ်လုပ်ခြင်း ရှိမရှိ။
LP နှင့် HP cutout များ မှန်ကန်စွာ အလုပ်လုပ်ခြင်း ရှိမရှိကို အောက်ပါ နည်းလမ်းအတိုင်း စစ်ဆေးနိုင်သည်။

(က) LP cutout ကိုစမ်းသပ်ရန် ပထမ HP cutout သို့သွားသော line value အား ပိတ်ပါ။

(ခ) TEV အနောက်(သို့) EVA အနောက် packless value အား ပိတ်ပါ။

(ဂ) pressure လျော့နည်း ကျသွား၍ သတ်မှတ်ထားသည့် အဆင့်ရောက်လျှင် cutout မှ အလုပ်လုပ်ပြီး motor ရပ်သွားရမည်။ ရပ်မသွားပါက cutout အား ပြင်ဆင်ရမည်။

(ဃ) motor ရပ်သွားပြီး [illegible] ပိတ်ထားသော TEV (သို့) EVA အနောက် packless value အား ပြန်ဖွင့်ပါ။ LP ပြန်မြင့်လာမည်။

(င) သတ်မှတ်ထားသော pressure ရောက် LP cutout အလုပ်လုပ်သည့်အခါ motor ပြန်မောင်းရမည်။ ပြန်မမောင်းပါက cutout အား စစ်ဆေး ပြင်ဆင်ရမည်။

* HP နှင့် LP pressure များ [illegible]
* running HP, LP, suction Temp [illegible]

(၁၁) HP cutout အလုပ်လုပ်ခြင်း ရှိမရှိ စစ်ဆေးနိုင်ပါသည်။

(က) LP cutout သို့သွားသော value ကိုပိတ်ပါ။

(ခ) TEV အနောက် value (သို့) အဝင် value ကို ပိတ်ပါ HP ပြန်မြင့်လာမည်။

(ဂ) သတ်မှတ်ထားသော pressure ရောက် HP cutout အလုပ်လုပ်သည့် motor ရပ်သွားရမည်။ ရပ်မသွားပါက cutout အား စစ်ဆေး ပြင်ဆင်ရမည်။

(ဃ) ရပ်သွားပါက TEV အနောက်(သို့) အဝင် value အား ပြန်ဖွင့်ပါ။ HP ပြန်ကျသွားမည်။ သတ်မှတ်ထားသော အဆင့်ရောက်လျှင် motor ပြန်မောင်းရမည်။ မမောင်းပါက cut out အား စစ်ဆေး ပြင်ဆင်ရမည်။

(၁၂) LP HP နှင့် Thermostatic cutout

(က) LP cutout သည် pressure ကျလျှင် motor ရပ်ပြီး pressure ပြန်မြင့်လာလျှင် ပြန်လည်မောင်းပေးသော ကိရိယာ ဖြစ်သည်။

(ခ) HP cutout သည် pressure များလျှင် motor ရပ်ပြီး pressure ပြန်ကျလျှင် ပြန်လည်မောင်းပေးသော ကိရိယာ ဖြစ်သည်။

[illegible] - LP cutout [illegible] 20 psi [illegible]
2 psi [illegible] pressure
[illegible] 2 psi [illegible] motor [illegible] motor
[illegible] pressure [illegible] ~~[illegible]~~ of
20 psi [illegible] motor [illegible]။
HP cutout [illegible] ဖြစ်သည်။
thermostatic cutout သည် solenoid valve [illegible]
[illegible] သည်။

[illegible] ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း

[illegible] ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း
maintance

[illegible] ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း
(၁) [illegible]
[illegible] ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း
[illegible] ရမည်။
(၂) [illegible] ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း
[illegible]
(၃) [illegible]
[illegible]
[illegible]

Compressor ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း

[illegible]

(၁) compressor [illegible]
[illegible]
[illegible] ရမည်။
(၂) [illegible] Refrigerant သည် crankcase
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] ဖြစ်သည်။ [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] sight glass
[illegible]
[illegible] (comp belt drive)
(၃) compressor [illegible] V belt [illegible]
[illegible]
[illegible] Alignment [illegible]

[illegible]

(၁) [illegible] belt [illegible] flywheel [illegible] pulley [illegible] (၁၀) [illegible]

(၂) belt [illegible]

(၃) belt [illegible]

(၄) [illegible]

(၅) motor pulley [illegible] compressor flywheel [illegible] alignment ([illegible]) [illegible] motor [illegible]

[illegible]

(၁) compressor [illegible] shaft [illegible] bellow seal [illegible] bellow seal [illegible]

(၂) [illegible] bellow seal [illegible]

(၇) [illegible] (၂၄) [illegible]

[illegible]

(၁) compressor [illegible] bolts [illegible]

(၂) [illegible] rubber mounting [illegible] mounting [illegible]

condenser [illegible]

Air cooling condenser

~~(၁) compressor [illegible] bolts [illegible]~~

~~(၂) [illegible] rubber~~

(၁) [illegible]

(၂) [illegible] fan (Fan [illegible] bolt [illegible]

(၃) [illegible] (metal fins) [illegible]

(၄) [illegible] condenser [illegible] compressor Head pressure [illegible] condenser [illegible] liquid [illegible]

(၅) condenser [illegible] Steel & Brush [illegible]

water cooling condenser

(၁) Shell and tube type condenser [illegible] cylinder [illegible] Shell [illegible] water tube [illegible] tube [illegible] water tube [illegible]

(၂) [illegible] Joint [illegible]

[illegible]

Receiver [illegible]

(၁) [illegible]

(၂) [illegible]

(၃) [illegible]

Solenoid valve [illegible]

(၁) Solenoid valve [illegible] motor [illegible] Solenoid valve [illegible]

(၂) motor [illegible] Solenoid [illegible] contact points [illegible] Solenoid valve [illegible]

Defroust Thermostat - evaporator ~~fat~~ [illegible] froust [illegible] Thermostat

(၃) wire [illegible] (wire connection) [illegible]

TEV [illegible]

TEV [illegible] feeler bulb [illegible] EVA coil [illegible]

[illegible] EVA [illegible] TEV [illegible]

(၁) TEV [illegible]

Evaporator coil [illegible]

(၁) Evaporator coil [illegible] defrosting [illegible]

(၂) Evap: coil [illegible]

(၃) Evaporator [illegible]

solenoid v/v [illegible] water [illegible] Thermostat [illegible] water [illegible] solenoid v/v [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] (Trouble shooting and Repair)

[illegible]

(၁) compressor [illegible] (High head) Pressure)

(၂) compressor [illegible] (Low head Pressure)

(၃) compressor [illegible] (High suction Pressure)

(၄) compressor [illegible] (Low suction pressure)

(၅) Evaporator temp: [illegible] compressor [illegible] High pressure cut out

[illegible]
(၆) Evaporator Temperature [illegible] ပြီ compressor သည် Low ~~pressu~~ pressure cutout [illegible]ခြင်း။

ဒုတိယပိုင်း [illegible]

(၇) compressor [illegible]ခြင်း
(၈) compressor [illegible]ခြင်း
(၉) compressor [illegible]ခြင်း
(၁၀) compressor [illegible]ခြင်း
(၁၁) [illegible] (liquid) [illegible]ခြင်း
(၁၂) [illegible] (liquid) [illegible]ခြင်း

တတိယပိုင်း [illegible]

(၁၃) [illegible] compressor [illegible]
(၁၄) compressor [illegible]ခြင်း
(၁၅) compressor [illegible]ခြင်း
(၁၆) [illegible] crank case [illegible]ခြင်း
(၁၇) [illegible] crank case [illegible]ခြင်း
(၁၈) compressor [illegible]ခြင်း

(၁၉) condenser fan [illegible]ခြင်း
(For Air cool condenser)
(၂၀) Expansion valve [illegible]
[illegible]ခြင်း။

[illegible]

① compressor [illegible]ခြင်း

[illegible]
(က) condenser [illegible]
(ခ) High pressure line choke [illegible] Refrigrant [illegible]
(ဂ) [illegible]
(ဃ) [illegible]
(င) [illegible]
Refrigrant [illegible]ခြင်း

[illegible] →
① cooling Rate [illegible]
② leak ← [illegible]

[illegible]

(က) condenser [illegible]

(က-၁) condenser [illegible]

(က-က) [illegible] fan [illegible]

[illegible]

(ခ-က) [illegible]

[illegible] watercooling system [illegible] coolingwater [illegible] Heat temperature [illegible]

[illegible] condenser [illegible]

(ဂ-က) condenser cooling water [illegible] flow rate [illegible]

(က-၅) [illegible]

(ဂ-၁) [illegible]

(က-၁၂) [illegible]

(ဃ) High pressure line [illegible] choke [illegible]

High pressure line choke [illegible]

(ဥ-၁) Suction Pressure [illegible]

(ခ-၁) Flow Meter [illegible] Flow [illegible] gas [illegible]

(ခ-၃) High pressure [illegible] compressor [illegible] compressor outlet valve [illegible] High pressure line [illegible] choke [illegible] Fully choke [illegible] suction pressure [illegible] flow [illegible] compressor [illegible] gauge line [illegible] High pressure line [illegible] choke [illegible] High pr[illegible]

[illegible] choke [illegible] TEV dehydrator Filter [illegible] Strainer [illegible] choke [illegible] ByPass [illegible] High pressure [illegible] valve [illegible] choke [illegible]

(င-က) Refrigerant [illegible] moisture [illegible]

(က) ~~suction~~ Refrigerant [illegible] moisture [illegible]

Dehydrator နှင့် TEV ပွင့်ပေါက်ကျဉ်း၍ choke ဖြစ်ခြင်း ကြောင့် ဖြစ်သော နည်း High Pressure မြင့်၊ လာသော [illegible] compressor out let value [illegible] High Pressure gauge [illegible] High Pressure များလာသည်။ [illegible] High Pressure မြင့်လာလျှင် Refrigrant နှင့် moisture ပါဝင်နေသည်။

(၄-က) ဓာတ်ငွေ့ ယိုစိမ့်မှု ဖြစ်၊ စစ်ခြင်း

(Refrigrant ထွက်လျော့ခြင်း)

(က) Suction / Discharge နှင့် Pressure gauge တောင်း ယူကြည့်ပါ

(ခ) compressor ပူလောင်းပါ။

(ဂ) compressor suction / Discharge temp နှင့် Pressure liquid temperature / Pressure နှင့် Evaporator cold Temp: [illegible] ပါ။

(ဃ) အပူချိန် [illegible] ပါ။ [illegible] Refrigrant [illegible]။

(၁) High Pressure အလွန်လျော့ကျ ခြင်း Suction Pressure [illegible]

(၂) Discharge Temp: အလွန်လော မြင့်၊ ခြင်း (?) Suction temp: အလွန်လော မြင့်၊ ခြင်း။

(၃) [illegible] ခြင်း

(၄) Evaporator [illegible] High Pressure line choke ဖြစ် [illegible] choke [illegible] ခြင်း

(ဃ) [illegible] (?) [illegible] ခြင်း

(၁) Suction Pressure နှင့် High Pressure [illegible] ခြင်း၊

(၂) Discharge temp: အလွန် [illegible] ခြင်း (?) Suction temp: အလွန် [illegible] ခြင်း

(၃) [illegible] ခြင်း

(၄) Evaporator [illegible] High Pressure line choke ဖြစ် [illegible] choke ဖြစ် [illegible] ခြင်း

(ဂ) suction pressure နှင့်၊ discharge pr: [illegible]
[illegible]
(၃) [illegible] Refrigrant
[illegible] (၁-၁) [illegible]

ပြုပြင်နည်း:

(၁-၄) Refrigrant ထဲ၌ moisture ပါဝင် [illegible]
[illegible] ပြုပြင်ရ [illegible]
(က) Receiver out let value ကို ပိတ်ပါ
(ခ) LP cutout နှင့်၊ HP cutout line value တို့ကို ပိတ်ပါ
compressor suction pressure ကို 0 psi [illegible]
[illegible] ပါ။
(ဂ) compressor ကို ရပ်ပါ။
(ဃ) compressor out let value ကို ပိတ်ပါ။
(င) condenser [illegible]
Refrigrant [illegible] upper most
[illegible] pressure gauge [illegible]
pressure gauge connection [illegible]
[illegible] pressure [illegible]
[illegible] purging value [illegible] value [illegible]
[illegible]

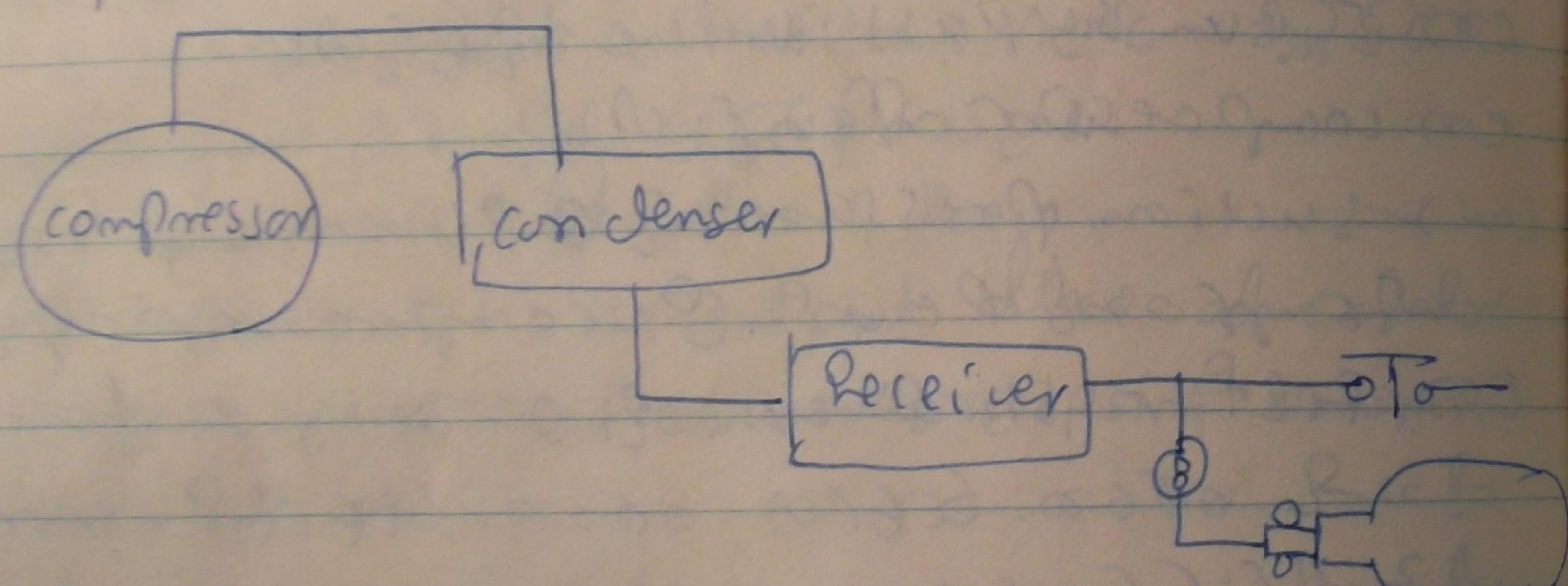
(၁-၃) Refrigrant ထဲ၌ foreign metal များ
ပါဝင်ခြင်း:
[illegible] filter, strainer Dehydrator
[illegible] choke [illegible] Choke [illegible]
[illegible] ပြုပြင်ရ [illegible]။
(က) Filter strainer (သို့) Dehydrator [illegible]
line [illegible] value ကို ပိတ်ပါ။
(ခ) TEV By pass value ကို ဖွင့်ပါ။
(ဂ) compressor ကို မောင်းပါ။
(ဃ) suction pressure ကို 0 psi [illegible]
[illegible] compressor ကို ရပ်ပါ
(င) Filter strainer (သို့) Dehydrator ကို
[illegible]
[illegible]
Filter strainer (သို့) Dehydrator ကို [illegible]
[illegible] connection များ ကို [illegible]
ပါ။ [illegible] In let value ကို [illegible] ပါ။
Gas များ [illegible] connection များ ကို
Fully Hold [illegible] In let out let
value များ ကို fully open [illegible] connection
များ [illegible] gas leak [illegible] ပါ။

(ဂ-၁) Refrigerant [illegible]

(ခ-၄) [illegible]

(ဃ) [illegible] / [illegible]

[illegible]



[illegible] Refrigerant [illegible]

(၁) Charging connection [illegible] service Drum [illegible]

(၂) Charging valve [illegible]
Refrigerant [illegible] service Drum [illegible]

(၃) service Drum [illegible] Drum
[illegible] valve [illegible] Gas [illegible] valve [illegible]

(၅) Refrigerant [illegible] operation [illegible]
(၆) [illegible] operation
[illegible] Refrigerant [illegible]
[illegible]

(၆) service Drum [illegible] Refrigerant [illegible]
[illegible] service drum [illegible]

(၇) [illegible] Refrigerant
[illegible]
(ခ-၄) [illegible]

① Low Head Pressure (Discharge)

[illegible]
(က) condenser [illegible]
[illegible]
(ခ) TEV [illegible]
(ဂ) compressor [illegible] valve [illegible]
[illegible]
(ဃ) Refrigerant [illegible]
(င) Eva: coil Frost [illegible]

[illegible]

ဖြစ်ရသည့်အကြောင်း:

(က) condenser ကို ဖြတ်သန်းသော လေ/ရေ များ နည်းလွန်း ခြင်း:

(၁) ဖြတ်သန်းသော လေ/ရေ ပိတ်ဆို့နေ၍ ... ခြင်း
... (၁၁၁)

(ခ) TEV ဖွင့်မှု နည်းခြင်း (ပိတ်ဆို့ခြင်း ...)

(၁) Discharge pressure သာမန်ထက် ပိုမို ကျခြင်း

(၂) Suction temperature သာမန်ထက် ... ကျခြင်း

(ဂ) compressor suction side တွင် ... ခြင်း
EVA ... coil frost ဖြစ်ခြင်း

(ဃ) compressor ... ခြင်း

(င) TEV ... valve များ ... Bypass
* ... TEV ... ။

(စ) compressor ... valve များ ... ခြင်း

(၁) ...)

(၂) Pressure gauge (...)

(၃) compressor valve ... (...)

ပြုပြင်ခြင်း:

compressor valve များကို ... ။

(ဃ) Refrigrant ... နည်းခြင်း:

(၁) Suction pressure သာမန်ထက် ... ကျခြင်း:

(၂) Suction temp: ... ကျခြင်း: (...) ...
ကျခြင်း:

(၃) ... cooling rate ...
ခြင်း:

ပြုပြင်နည်း:

Refrigrant ... ။ ...
... ။ (... Vaccum charging
... ။

(၃) High suction pressure (compressor ...)

ဖြစ်ပေါ်ရသော ... များမှာ

(က) Low pressure control ကို ...
... ခြင်း:

(၁) compressor ... valve များ ... ခြင်း:

(၂) Refrigrant များ ... ခြင်း:

(၃) TEV ဖွင့်မှု များ ... ခြင်း:

(၄) compressor ... valve များ ...
... ခြင်း:

(ဂ) condenser ရေစီးမှု နည်းလာခြင်း

ပြုပြင်ရမည့် နည်းလမ်း

(က) low pressure control ကို ပြန်လည်ချိန်ညှိရန် ... Autostop ... Autostart ... low pressure gauge ကို ကြည့်၍ ချိန်ညှိပါ။
(ခ) compressor ရှိ ဝင်ပေါက် valve များ ပိတ်နေခြင်း
(ဂ) pressure gauge ... [illegible]
(ဃ) pressure vacuum ... [illegible]
... Evaporator ဝင် valve နှင့် compressor ဝင်ပေါက် valve ကို ... 0 psi ... suction pr: gauge ... pressure ... value ... [illegible]
(င) Refrigerant များ ... TCV ... [illegible]

(ဃ) compressor ဝင်ပေါက် v/v ပိတ်နေ ... [illegible]

ပြုပြင်ရန်

... [illegible]

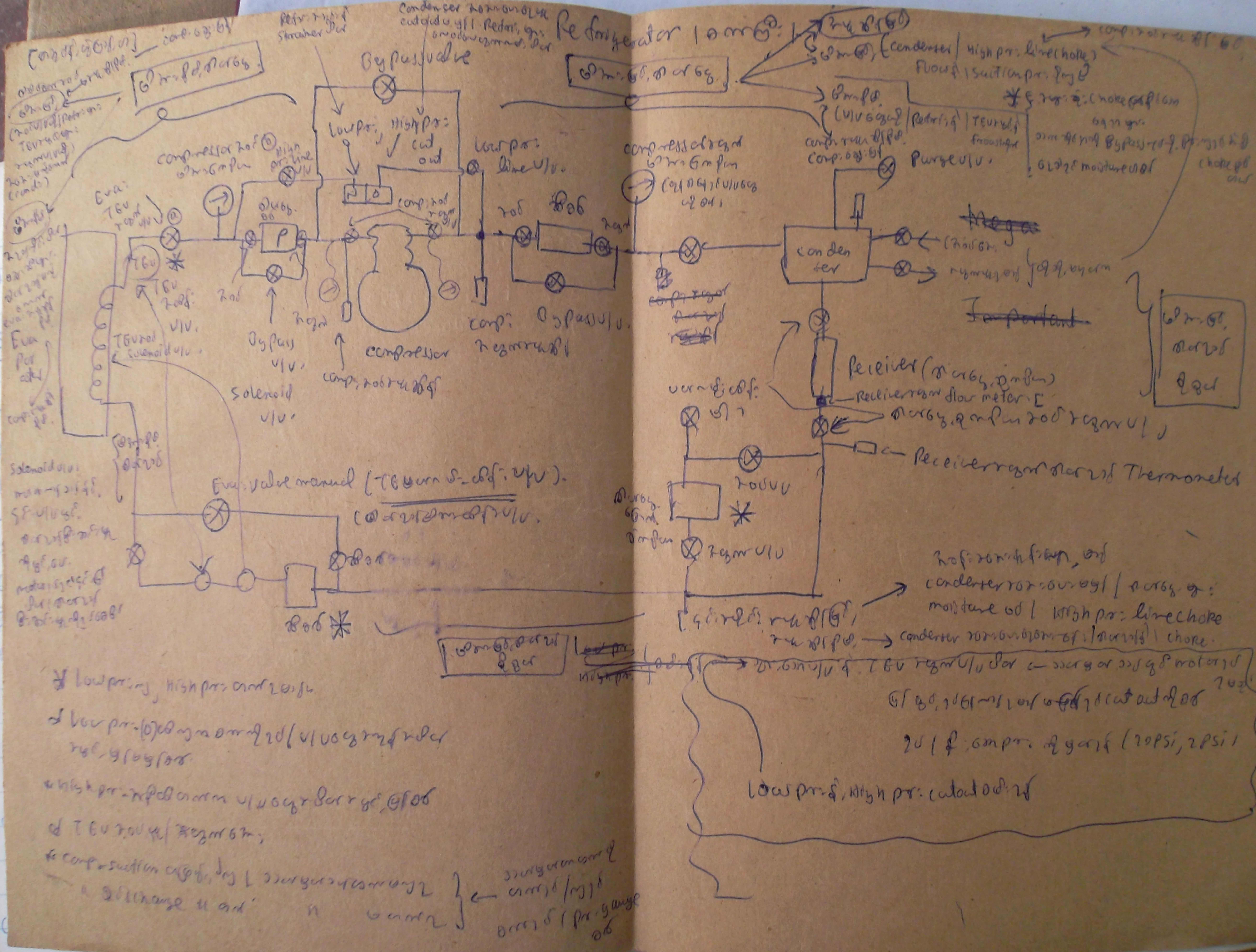
(၄) ... [illegible]

... low pressure gauge ... [illegible]

(က) liquid line ပေါ်ရှိ liquid strainer ပိတ်ဆို့နေခြင်း
(ခ) Evaporator coil ... [illegible]
(ဂ) ... (Refrigerant ... [illegible]
(ဃ) ... [illegible]
(င) TCV ... [illegible]

ပြုပြင်ရမည့်နည်း

(က) liquid line နှင့် strainer ... [illegible]



Refrigerator
Bypass valve
Low pr.
High pr.
cut out
compressor
condenser
Receiver
Thermometer
Purge v/v.
High pr. line choke
Solenoid v/v.
TEV
Low pr. High pr. cut out

comp: [illegible] — [illegible] — overcharge, suction High pr: [illegible]

[illegible] → condenser overcool, eva: [illegible], comp: [illegible]

comp: [illegible] (gasket [illegible], comp: [illegible] valve [illegible])

vacuum [illegible]

comp: [illegible] — [illegible] — TEV [illegible] / [illegible]

[illegible] / eva: [illegible]

High pr: line choke

Strainer [illegible].

[illegible]

(Receiver [illegible]) St

[illegible] — condenser overcool, TEV Bypass [illegible]) eva: [illegible]

Suction [illegible]

TEV [illegible]

[illegible] — Liquid line Temp: gauge

Eva [illegible] ← [illegible] + Thermostat [illegible]

" [illegible] ← Thermostat [illegible]

(1) [illegible]

(2) [illegible]

(3) [illegible]

(4) "

(5) "

(6) [illegible]

(7) [illegible]

High pressure

[illegible] ← compressor [illegible]

[illegible] — compressor [illegible] cooling [illegible]

Low pressure

[illegible] — [illegible] cooling [illegible]

[illegible] — [illegible] cooling [illegible]

(Marine Electricity) (Service Electricity)

(က) Evaporator coil [illegible]

[illegible] temp - gauge [illegible]

[illegible] coil [illegible]

*(ခ) [illegible] equilibrium [illegible] pressure

gauge [illegible] (Record pressure

[illegible] Refrigerant [illegible]

(ဃ) Crank case [illegible]

[illegible] level [illegible] level [illegible]

[illegible]

*(င) TEV [illegible] TEV bypass valve [illegible]

low pressure gauge [illegible] TEV

[illegible]

[illegible]

(က) liquid line [illegible] valve

[illegible]

(ခ) Evaporator coil [illegible]

[illegible] Thermostatic cut out [illegible]

(ဂ) Refrigerant [illegible] (equilibrium

[illegible]

(ဃ) TEV [illegible] TEV (ref: [illegible] moisture

[illegible] forign particle [illegible]

[illegible]

[illegible] TEV [illegible]

[illegible]

(၇) compressor [illegible] High pressure cut out [illegible]

[illegible]

[illegible]

(က) condenser [illegible]

[illegible]

(ခ) High pressure cut out [illegible]

(ဂ) [illegible] Refrigerant [illegible]

[illegible]

(က) [illegible]

(၁) [illegible]

[illegible]

(၂) [illegible]

(၃) condenser [illegible] cooling fa

[illegible]

[illegible]

(ခ) High pressure cut out [illegible]

[illegible] High pressure gauge

[illegible]

[illegible] Discharge pressure [illegible]

[illegible] cutout [illegible]
[illegible] Refrigerant [illegible]
[illegible]
[illegible] Refrigerant [illegible]
[illegible] Refrigerant [illegible]
[illegible] Refrigerant [illegible]
[illegible] Refrigerant [illegible]

[illegible] low pressure cutout [illegible] compressor [illegible]

[illegible]
(က) [illegible] Refrigerant [illegible]
(ခ) compressor ၏ ဝင် valve များ ပေါက်နေခြင်း [illegible]
(ဂ) TEV ပွင့်နေခြင်း
(ဃ) liquid strainer suction strainer များ ပိတ်ဆို့နေခြင်း

[illegible]
(က) Refrigerant [illegible]
[illegible]
[illegible] Refrigerant [illegible]
(ခ) compressor ၏ ဝင် valve များ ပေါက်နေခြင်း

[illegible] valve [illegible]
(ဂ) TEV ပွင့်နေခြင်း
[illegible] TEV [illegible]
(ဃ) liquid strainer suction strainer နှင့် Expansion valve strainer များ ပိတ်နေခြင်း [illegible] Bypass valve [illegible]
[illegible] strainer [illegible]

(၃) compressor [illegible] (High discharge temp.)

[illegible]
(က) Refrigerant [illegible]
(ခ) High pressure line ၌ choke ဖြစ်ခြင်း
(ဂ) condenser [illegible]
(ဃ) evaporator [illegible]
[illegible]
(က) overcharging
(ခ) suction pressure နှင့် High pressure [illegible]
[illegible]

[illegible]

system [illegible] Refrigerant [illegible] Trail and error method [illegible] High Purging [illegible]

(၁) choking in High pressure line

(၂) suction pressure [illegible]

(၃) flowmeter [illegible] flowrate [illegible]

(၄) [illegible] compressor outlet [illegible] High pr. line [illegible] choke [illegible]

Strainer, filter [illegible]

High pressure line [illegible] compressor TEV [illegible] choke [illegible] TEV By pass valve [illegible] High pressure [illegible] TEV [illegible] choke [illegible] tally choke [illegible] suction pressure [illegible]

[illegible]

[illegible] - choke [illegible]

(၁) condenser [illegible]

(၂) condenser [illegible]

(၁) [illegible] (temperature gauge) [illegible]

(၂) [illegible] (Fins [illegible] tube [illegible] Dirt [illegible])

[illegible]

(၁) [illegible]

(၂) Normal temperature [illegible]

(ဃ) Evaporator [illegible]

(၁) evaporator [illegible]

(၂) Evaporator coil [illegible] insulation [illegible]

(၃) [illegible]

[illegible]

(၁) [illegible] Insulation [illegible]

(၂) [illegible] performance [illegible] cooling load [illegible]

(င) compressor [illegible]

(စ) Refrigerant [illegible]

(ဆ) condenser [illegible]

(ဇ) Evaporator [illegible]

ပြုပြင်ရန်

(၁) purging လုပ်ပေးခြင်း

(၂) condenser ပြုပြင်ရန် [illegible]

(၃) thermostat [illegible]

ပါ။

(ဂ) compressor [illegible]

[illegible]

(က) compressor [illegible] (TEV [illegible]

(ခ) compressor [illegible]

(ဂ) condenser over cooling ဖြစ်ခြင်း

(ဃ) compressor over cooling ဖြစ်ခြင်း

(င) Evaporator coil [illegible]

[illegible] ပြုပြင်ရန်

(က) compressor [illegible]

(ခ) suction pressure [illegible]

(ဂ) suction temperature [illegible]

(ဂ) compressor suction side [illegible]

(ဃ) compressor [illegible]

[illegible]

TEV by pass valve ကို [illegible] manual control [illegible] manual control ကို [illegible] TEV [illegible]

ပြုပြင်ရန် TEV ကို [illegible]

[illegible]

(ဃ) compressor [illegible]

(က) Head Gasket [illegible] Gasket [illegible]

(ခ) compressor [illegible] value [illegible] (pressure gauge ကို [illegible] pointer [illegible] value [illegible] vacuum [illegible] value [illegible]

ပြုပြင်ရန်

(၁) Gasket [illegible]

(၂) Value plate [illegible]

←

(ဃ) Condenser over cooling ဖြစ်ခြင်း

(၁) condenser ဝင် / ထွက် ရေ / လေ [illegible]

[illegible]

ပြုပြင်ရန် - [illegible] ရေ / လေ [illegible]

(င) compressor over cooling

(၁) Refergrant များ over charging ဖြစ်နေခြင်း

ပြုပြင်ရန် - [illegible]

(၂) evaporator [illegible]

(၃) thermostat [illegible]

ပြုပြင်ရန် - thermostat [illegible]

(စ) compressor [illegible]

[illegible]

(က) TEV [illegible]

(ခ) [illegible]

(ဂ) [illegible]

(ဃ) Evaporator [illegible] mechinary များ [illegible]

(င) High pressure liquid line choke ဖြစ်နေခြင်း

[illegible]

(က) TEV [illegible]

(ခ) cooling coil [illegible]

(၂) liquid strainer များ [illegible]

[illegible]

(၃) TEV [illegible]

(ဂ) [illegible]

(၁) flow meter [illegible]

[illegible]

*(၂) Receiver [illegible]

(က) [illegible]

(၁) [illegible]

[illegible]

(၂) [illegible]

[illegible]

(ဃ) [illegible]

(၁) [illegible]

[illegible]

(၂) [illegible]

(င) High pressure liquid line ၌ choke ဖြစ်ခြင်း

(၁) High pr: liquid line [illegible]

[illegible]

(၂) [illegible]

(၁၀) compressor အဝင် temp: ကျခြင်း

ဖြစ်ပေါ်ရသည့် အကြောင်းရင်းများ

(က) TEV အပေါက်ကြီး ပွင့်များခြင်း
(ခ) TEV By Pass V/V ပွင့်နေခြင်း
(ဂ) Evaporator အတွင်း အပူချိန် ကျခြင်း
(ဃ) condenser အအေးပေး [illegible] ခြင်း

ပြင်ဆင်ရမည့်နည်းများ

(က) TEV အပေါက် [illegible] ပွင့်များနေခြင်း [illegible] ပါ။
(ခ) suction pressure [illegible] ကျခြင်း
(ဂ) suction temp: [illegible] ကျခြင်း
(ဃ) compressor suction side [illegible] ခြင်း
(၅) compressor [illegible] ခြင်း
(၆) TEV [illegible] value များ [illegible] By pass value ကို [illegible] ခြင်း။ [illegible] TEV [illegible] TEV အပေါက် [illegible] ပါ။
(၇) TEV By pass value ပွင့်ခြင်း
[illegible] ပါ။

(၈) Evaporator အတွင်း အပူချိန် ကျခြင်း
[illegible] အပူချိန်ကို thermometer ဖြင့် [illegible] ရပါသည်။

ပြင်ဆင်ရန်

(က) TEV ကို [illegible] အပူချိန် [illegible]
(ခ) TEV By Pass value ကို [illegible]
(ဂ) thermostat ကို [illegible] ရပါသည်။

(၁၁) [illegible] အပူချိန် [illegible] ခြင်း

liquid line temp: gauge ကို [illegible] ပါ။

ဖြစ်ပေါ်သည့် အကြောင်းရင်း

(၁) condenser အအေးပေး [illegible] ခြင်း
(၂) evaporator အတွင်း အပူချိန် [illegible] ခြင်း
(၃) [illegible] များခြင်း
(၄) in compressive gas များ system အတွင်း [illegible] ခြင်း
(၅) High pressure line တွင် choke ဖြစ်ခြင်း

[illegible]

(၁) condenser ကို [illegible]
(၂) [illegible]
(၃) "
(၄) "
(၅) "
"

ပြုပြင်ရန်:
[illegible]

၇။ [illegible]
liquid line temp: gauge [illegible]

[illegible]

(၁) condenser [illegible]
[illegible]
(၂) [illegible]
(၃) [illegible]
(၄) [illegible]
choke [illegible]
[illegible]
[illegible]

(၈) [illegible] compressor [illegible]
[illegible]
(၁) evaporator [illegible]
[illegible]
[illegible]
compressor [illegible]

[illegible]
[illegible]
(က) Refrigerant [illegible]
(ခ) compressor [illegible] valve [illegible]
valve [illegible]
(ဂ) cylinder [illegible] Head [illegible] Head gasket
[illegible]
(ဃ) low pressure cutout [illegible]
[illegible]
(င) [illegible]
[illegible] over loading [illegible]
(စ) evaporator coil [illegible] Insulation [illegible]
[illegible]
(ဆ) compressor revolution [illegible]
(ဇ) system [illegible]
[illegible]

(၀) ။ Refrigerant quality [illegible]
[illegible]
(က) Refrigerant [illegible]
(၁) flow meter [illegible]
[illegible]
(၂) compressor [illegible] valve [illegible] valve
[illegible]

သည်။ valve ပြားများ၏ [illegible] [illegible]
[illegible] [illegible]
ဖြစ်သည်။
(၁) [illegible] Hold torch ဖြင့်
[illegible]
(၂) Cylinder နှင့် Head အကြား၌ Head gasket
[illegible]
(၁) [illegible]
[illegible]
(၂) [illegible]
[illegible]
သည်။
(ဃ) Low pressure cutout [illegible]
[illegible]
(၁) Low pressure cutout [illegible]
Motor Auto Stop ဖြစ်ခြင်း compressor [illegible]
[illegible] suction pressure [illegible]
[illegible] motor [illegible] compressor
[illegible] suction pressure
[illegible] suction pressure သည် low
pressure cutout [illegible]
[illegible] pressure [illegible]
[illegible] low pressure cutout [illegible]

[illegible] compressor
[illegible] suction pressure
[illegible]
Suction pressure သည် low pressure cut
out [illegible]
[illegible]
[illegible]
(င) [illegible]
[illegible] over load ဖြစ်ခြင်း
(၁) [illegible]
[illegible]
[illegible]
(၂) [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] overloading
[illegible]
[illegible]

(ဈ) Evaporator အပေါ်အေးခဲနေမှု စစ်ဆေးခြင်း

(က) Evaporator ပေါ်ရှိ အေးခဲများ သည် လေဝင်လေထွက်ကို ပိတ်ဆို့စေပါသည်။ Evaporator ပေါ်ရှိ အေးခဲများ များလာပါက အအေးပေးနိုင်စွမ်း လျော့နည်းသွားနိုင်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် Evaporator အပေါ်အေးခဲ ~~...~~ များကို ဖယ်ရှားရန် လိုအပ်ပါသည်။

(ည) Evaporator coil Insulation များ၏ အခြေအနေ စစ်ဆေးခြင်း

(၁) Indirect method ဖြင့် စစ်ဆေး ကြည့်ရှုခြင်း ဖြစ်ပါသည်။ Indirect method ကို အသုံးပြု၍ အပူချိန် များ တိုင်းတာခြင်း၊ ရေငွေ့ ဖြစ်ပေါ်ခြင်း စသည်တို့မှ Evaporator ပေါ်ရှိ insulation များ ကောင်းမွန်ခြင်း ရှိမရှိ သိနိုင်သော method ဖြစ်ပါသည်။

(၂) direct method ဖြင့် တိုက်ရိုက် စစ်ဆေး နိုင်ပါသည်။

(ဋ) Compressor Revolution တိုင်းခြင်း

(၁) Tachometer ဖြင့် တိုင်းတာ၍ ဖြစ်စေ၊ ဖြစ်ပါသည်။ Compressor လည်ပတ်နေသော revolution အရေအတွက် ကို သိနိုင်ပါသည်။ ~~...~~ ~~...~~ ဖြစ်ပါသည်။

(ဌ) System အတွင်း ဖိအား၊ အပူချိန် (ဖိ.) စစ်ဆေးခြင်း

(၁) System ၌ Refrigerant လျော့နည်းနေပါက အအေးပေးမှု ကျဆင်းစေပါသည်။ Choke ဖြစ်ခြင်း ဖြစ်နိုင်ပါသည်။

(၂) ရေခဲ သည် ပိုက်အတွင်း ပိတ်ဆို့ပါက Refrigerant လည်ပတ်မှု နှင့် ... Pressure ကို ဖော်ပြသော Pressure ကို Pressure gauge များဖြင့် သိရှိနိုင်ပြီး System အတွင်းရှိ ဖိအား (ဖိ.) စစ်ဆေး ဖြစ်ပါသည်။

(ဍ) Refrigerant Quality စစ်ဆေးခြင်း

(၁) Compressor အတွင်း Refrigerant ~~ဖ~~ ၏ Pressure နှင့် temperature ကို Pressure gauge နှင့် temperature gauge ဖြင့် တိုင်းပါ။ System အတွင်း အသုံးပြုသော Refrigerant နှင့် သက်ဆိုင်သော Chart မှ Pressure နှင့် temperature ကို ရှာဖွေပါ။ ၎င်း Pressure နှင့် temperature ကို နှိုင်းယှဉ်၍ ကွာခြားမှု ရှိပါက Refrigerant Quality မကောင်းခြင်း ဖြစ်နိုင်ပါသည်။

ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း

(က) Refrigerant ပြန်လည် ဖြည့်ခြင်း

(၁) Refrigerant ကို System အတွင်း ပြန်လည်ဖြည့်ရာတွင် Pressure gauge များကို တပ်ဆင်၍ ရေခဲသေတ္တာ ...

အဝင်ဘက်ပိုက်တွင်ရှိသော Refrigerant ပမာဏလျော့နည်းလာသောကြောင့် Refrigerant ကို ထပ်ဖြည့်ရမည်။

(ခ) Compressor အဝင် valve နှင့် အထွက် valve များကို စစ်ဆေးခြင်း။

(၁) Compressor အဝင် valve နှင့် အထွက် valve များကို စစ်ဆေး ပြုပြင်ရမည်။

(ဂ) Low pressure cutout အလုပ်လုပ်ပုံ မှန်ကန် ခြင်း မရှိခြင်း။

(၁) Low pressure cutout မှန်ကန်ခြင်း မရှိလျှင် ပြင်ဆင် ရမည်။

(ဃ) အပေါ်အပိုင်းရှိ အပူချိန်များ overloading ဖြစ်ခြင်း။

(၁) အပေါ်အပိုင်းရှိ အပူချိန်ကို လျော့ချ ပြုပြင်ရမည်။

(င) Evaporator အပေါ်တွင် ရေခဲများ ပိတ်ခြင်း။

(၁) Evaporator အပေါ်တွင် ရေခဲများ ပိတ်နေလျှင် Salliory effect ကြောင့် ရေခဲများ ဖြစ်ပြီး အသစ် လဲပေးရမည်။

(စ) Evaporator coil အပေါ်ရှိ insulation များ ပျက်စီးခြင်း။

(၁) Evaporator coil အပေါ်ရှိ insulation များကို အသစ် လဲပေးရမည်။

(ဆ) Compressor revolution လျော့ကျခြင်း။

(၁) Belt ကြိုး လျော့နေပါက Fly wheel နှင့် Pulley အကြား အလယ်မှ 10 lb အား ဖြင့် ဖိ၍ ½ inch ခန့် ရှိ ပြီး Belt ကြိုးကို ပြင်ရမည်။

(၂) Belt ကြိုးများ ပွန်းစား ပျက်စီး နေလျှင် အသစ် လဲရမည်။

(၃) Belt ကြိုးအသစ် လဲလှယ်ရာတွင် ကြိုးအားလုံးကို တပြိုင်နက် လဲပေးရမည်။

(၄) ပိုင်း ... ကြိုး လဲရမည်။

(၅) Motor pulley နှင့် compressor flywheel ~~...~~ ကို alignment မှန်ကန်အောင် ပြုပြင်ပေးရမည်။

(၁၃) system အတွင်းသို့ လေနှင့် (ဓါတ်ငွေ့) ရေ ဝင်ရောက်နေခြင်း:

(၁၄) ~~[illegible]~~ ရှိသော [illegible] purging ပြုလုပ်ခြင်း ဖြင့် ပြင်ပါ

(၁၅) Refrigerant Quality မကောင်းခြင်း:

(က) Quality ကောင်းသော Refrigerant ဖြင့် ပြန်လည်ဖြည့်ပါ

(၁၆) compressor ချို့ယွင်းခြင်း:

compressor ချို့ယွင်းရခြင်းမှာ အောက်ပါ အကြောင်းများကြောင့် ဖြစ်ပါသည်

(က) လျှပ်စစ်ဓါတ်အား မရှိခြင်း:

(ခ) compressor မောင်းနှင်သော motor ချို့ယွင်းနေခြင်း:

(ဂ) compressor ဝင်ရိုး ကျပ်နေခြင်း:

(ဃ) ဖျူးကြိုး (Fuse) များ ပြတ်နေခြင်း,

(င) V belt များ ပြတ်နေခြင်း၊ pulley ၏ bolt များ ချောင်နေခြင်း:

(စ) High pressure switch ပြတ်နေခြင်း၊ Low pressure switch ပြတ်နေခြင်း:

(ဆ) compressor bearing များ ပျက်စီးနေခြင်း:

ပြင်ဆင်ရမည့်နည်းလမ်းများ:

(က) လျှပ်စစ်ဓါတ်အား မရှိခြင်း:

(၁) လျှပ်စစ်ဓါတ်အား motor သို့ ရောက်မရောက် စစ်ဆေးပါ။

(၂) volt meter (သို့) Am-meter ဖြင့် စစ်ဆေးနိုင်သည်

(ခ) compressor မောင်းသော motor ချို့ယွင်းခြင်း:

(၁) လျှပ်စစ်ဓါတ်အား ရောက်သော်လည်း motor မလည်ပါက motor ကို ပြန်လည်ပြုပြင်ပါ

(ဂ) compressor ဝင်ရိုး ကျပ်နေခြင်း:

(၁) compressor အတွင်းသို့ ဓါတ်ငွေ့ (သို့) ရေ ဝင်ရောက်နေခြင်း:

(၂) [illegible] compressor အတွင်း ရောက် [illegible] ဖြင့် စစ်ဆေးနိုင်ပါသည်။ [illegible] များ ရောက်နေပါက ပြန်လည်ပြုပြင်ပါ။

(၃) V belt ကြိုးများ ပြတ်နေပါက [illegible] ပြင်ဆင်ပါ။

(ဃ) ဖျူးကြိုးများ ပြတ်နေခြင်း:

(၁) Short circuit ဖြစ်ခြင်း:

(ဂ) ပေးသွင်းသော volt အား ကွာခြားမှုများ ရှိခြင်း
(၃) ဒီဇိုင်းကြိုး ပြတ်မပြတ် စစ်ဆေး ရမည်

(ဃ) V belt များ ပြတ်ခြင်း၊ pulley ၌ bolt များ ချောင်ခြင်း။

(၁) V belt များ နွမ်းလာခြင်း၊ ကြိုး လျော့နေခြင်း
(၂) V belt များ ပြတ်မပြတ် စစ်ဆေးပါ။ pulley ၌ bolt များ ချောင်နေခြင်း ရှိမရှိ စစ်ဆေးရမည်။

(င) High pressure switch ပြတ်နေခြင်း၊ low pressure switch ပြတ်နေခြင်း။
(၁) low pressure switch ပြတ်နေခြင်း။ ၎င်းမှာ TEV နှင့် valve ပိတ်၊ Evaporator နှင့် valve များ ပြတ်နေခြင်း ကြောင့် ဖြစ်သဖြင့် စစ်ဆေးပါ။ low pressure cutout ကို ပြန်ညှိ စစ်ဆေးပါ။
(၂) High pressure switch ပြတ်နေခြင်း။ ၎င်း TEV နှင့် valve များ ပြတ်နေခြင်း ကြောင့် စစ်ဆေးပါ။ High pressure cutout ကို ပြန်ညှိ စစ်ဆေးပါ။

(စ) compressor bearing များ ပျက်စီးလာနေခြင်း
(၁) ... ဆီ ... (၁၀) ...
(၂) ... စစ်ဆေး ...
(၃) Bearing များ ... စစ်ဆေး ...

...

(က) ...
(၁) ...
(ခ) compressor မောင်းသော motor ...
(၁) motor ...
(၂) ... coil ...
(ဂ) compressor ... များ ...
(၁) TEV ...
(၂) V belt ကြိုးများ လျော့ ...
(ဃ) ... fuse များ ...

(င) V belt များ ပြတ်ခြင်း၊ pulley ၌ bolt များ ချောင်ခြင်း။
(၁) V belt များ အသစ်လဲရမည်
(၂) Pulley ၌ bolt များ လျော့ ပြင်ရမည်။

(ဇ) High Pressure switch ပိတ်နေခြင်း / low Pressure switch ပိတ်နေခြင်း

(၁) TEV ၏ဝင်ပေါက်နှင့် ၏ထွက် valve များ ပိတ်နေလျှင် ဖိအားများလာသဖြင့် High Pressure cutout ၏ ဆက်သွယ်မှု ဖြတ်တောက်ပါမည်။
(၂) TEV ၏ထွက် valve နှင့် Evaporator ၏ထွက် valve များ ပိတ်နေက ဖိအားနည်းလာပြီး Low Pressure cutout ၏ ဆက်သွယ်မှု ဖြတ်တောက်ပါမည်။

(ဈ) compressor bearing များ ပျက်စီးလာခြင်း
(၁) ချောဆီ ... မလုံလောက်၍ ပျက်စီးနိုင်သည်
(၂) Bearing များ ပွန်းစား ... ၏ ... ပါမည်
(က) ... ဖြစ်ဖြစ်ပေါ်သည်
(ခ) ... ~~...~~ ... ပါသည်
(ဂ) ... ဖြစ်ပေါ်သည်
(ဃ) ... ပါသည်
(င) ... ပါသည်။

(ည) (၁) compressor ၏ ဆူညံသံ ကျယ်လောင်ခြင်း
(၂) ... ပြင်းထန်စွာ ... ပါသည်
(၃) (က) compressor mounting များ ... ပျက်စီးနေ ... များ ဖြစ်နေ၍ ... ၏ ဆူညံသံ ဖြစ်ပါသည်။
(ခ) ချောဆီ များ ... ခြင်း ... ~~...~~ ... dracilic knocking များ ဖြစ်ပေါ်ခြင်း ... ဆူညံသံ ဖြစ်ပါသည်။
၄(က) compressor ၏ mounting ၌ bolt များ ... ဖြစ်ခြင်း ... ဖြစ်ခြင်း ... ပါသည်။
(ဂ) ချောဆီ များ ... compressor ကို ... ပါသည်။ ... side glass ၌ (½) သို့ (¾) ... ပါသည်။ ... ချောဆီ များ ... Refrigerant ... ချောဆီ ... ဖြစ်ခြင်း။

(၁) [illegible] bolt [illegible] bolt [illegible]

(၁) compressor ၏ suction နှင့် discharge value [illegible] Drain cock [illegible] sideglass [illegible] Drain cock [illegible]

(၂၆) (၁) [illegible] crank case [illegible]

(၁) [illegible]

(၂) (က) compressor [illegible] refrigerant [illegible]

(ခ) compressor [illegible]

(ဂ) compressor seal [illegible]

[illegible]

(ဃ) Refrigerant [illegible] compressor [illegible] hydraulic knocking [illegible]

(၁) compressor [illegible] direction [illegible] compressor [illegible]

(ဂ) compressor seal [illegible] Bearing cap [illegible] sealing effect [illegible] seal [illegible] seal [illegible]

(၅) [illegible] Refrigerant [illegible]

(က) Charging connection [illegible] service drum [illegible]

(ခ) Charging value [illegible] Refrigerent [illegible] service drum [illegible]

(ဂ) service drum [illegible] Drum value [illegible] V/V [illegible]

(ဃ) Refrigerant ပြည့်မှီးပါက operation ရပ်ဆိုင်း
ထားပါ။

(င) Refrigerant သည် အလွန် နည်းပြီး ရှိနေသေး
ပါက လုံလောက်သည်အထိ operation ရပ်ထား၍
Refrigerant ထပ်မံဖြည့်ပေးရပါမည်။

(စ) service drum တွင် Refrigerant ရှိ/မရှိ
ချိန်တွယ်ကြည့်ရန် ... ကုန်ခဲ့လျှင် အစားထိုးရမည်။

(ဆ) (က) ဝင်ပေါက် direction နှင့် ထွက် direction
ပြောင်းပြန်ဖြစ်နေလျှင် ပြန်ပြင်ရမည်။

(ဇ) compressor seal ယိုစိမ့်၍ ဓာတ်ငွေ့ထွက်နေပါက
ထို seal အသစ်ဖြင့် လဲပေးရမည်။

(၁၃) ချောဆီများ (crankcase) ထဲ ပြန်မလာ
ခြင်း

ဖြစ်ပေါ်လာသော အကြောင်းများနှင့် ပြင်ဆင်ရန်
(၁) compressor ၏ crankcase ရှိ gauge glass
ကို ကြည့်ရှုစစ်ဆေး၍ ဆီပြည့်/မပြည့် 40 မှ မိနစ်
ခန့် compressor မောင်းပြီးနောက် gauge
glass တွင် ... ဆီမျက်နှာပြင် ... ချော
ဆီများ crankcase ထဲ ပြန်မလာကြောင်း သိနိုင်
သည်။

ကျေးဇူးတင်ပါသည်

၁၃(ဂ) thermostatic expansion value သည်
cooling coil ထဲသို့ ... ဝင်စေသဖြင့် ဖြစ်၏။

(ဃ) Refrigerant line တစ်နေရာရာ၌ choke ဖြစ်ခြင်း
ကြောင့် ဖြစ်၏။

၁(က) thermostatic expansion value သည် cooling
coil ထဲသို့ ... ဝင်စေသဖြင့် ဖြစ်၏။

ပြင်ဆင်ရမည့် အချက်များ ...
(၁) compressor ... ရပ်ထားရမည်။
(၂) Evaporator ...
...
ဖြစ်၏။

၁၄(ဂ) ~~Referg~~ Refrigerant လိုင်း တစ်နေရာရာ၌ choke
ဖြစ်ခြင်း ... အကြောင်းများ ...
(၁) compressor ... ဖြစ်ခြင်း။
(၂) compressor ... ဖြစ်ခြင်း။
(၃) Refrigerant line တစ်နေရာရာ ...
... ~~fly that~~ fully choke ဖြစ်က choke
ဖြစ်သော ... ဖြစ်ပါ၏။
compressor ရပ်သော ... suction pressure ...
... fully choke ဖြစ်နေ၏။

ပြင်ဆင်ခြင်း

၁(က) thermostatic expansion value သည်

cooling coil ထဲသို့ ဝင်ရောက်လာသော အငွေ့ ပမာဏ များပြား နေခြင်း။

(၁) thermostatic expansion valve ၏ ချိန်ကြိုး မှန်/မမှန် စစ်ဆေးပါ။

(၂) thermostatic expansion valve feeler bulb သည် evaporator coil နှင့် ကောင်းစွာ ထိတွေ့မှု ရှိ/မရှိ စစ်ဆေးပေးပါ။ feeler bulb သည် evaporator အထွက် ပိုက်နှင့် ကောင်းစွာ မထိလျှင် TEV ပွင့်သွားနိုင်ပါသည်။ TEV ၏ သတ်မှတ်ချက် ပြောင်းလဲ၍ ရေခဲခြင်း မဖြစ်အောင် ဂရုစိုက်ရပါမည်။ အပူချိန် ဒီဂရီ လျော့သွားခြင်း စသည့် ~~[illegible]~~ ပြဿနာ ရှိ/မရှိ စစ်ဆေးပေးပါ။

၁၃ (ဃ) Refrigerant line တစ်နေရာရာတွင် choke ဖြစ်နေခြင်း

(၁) ပေါင်ချိန်ဖိအား ကျဆင်းခြင်း choke ဖြစ်သော နေရာတွင် ရေခဲခြင်း ဖြစ်တတ်ပါသည်။

(၂) Filter Strainer Dehydrator တို့တွင် choke ဖြစ်ခြင်း ရှိ/မရှိ စစ်ဆေးပေးပါ။

၁၈ compressor မှ ဆူညံခြင်း

ဆူညံခြင်း၏ အကြောင်းရင်းများ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်ပါသည်။

(၁) compressor ထဲသို့ အရည်များ ဝင်ရောက်ခြင်းကြောင့် compressor ဆူညံ မြည်ခြင်း ဖြစ်ပေါ်ပါသည်။

ပုံမှန်အားဖြင့် ခြောက်သွေ့သော အငွေ့များ သာလျှင် ဝင်ရောက်ရမည် ဖြစ်ပါ၏။

(က) L/C ဆီအရည်များ ပါခြင်း Refrigerant အရည်များ ပါခြင်း

(ခ) ဝင်ရောက်မှု compressor အတွင်းသို့ ဆီ ပြန်လာခြင်း

ဖြေရှင်းနည်း

(က) L/C ဆီအရည် များလွန်းခြင်း၊ Refrigerant ဆီအရည် များခြင်း စသော အကြောင်းရင်းများ ကြောင့် ဖြစ်ပါသည်။

(၁) ပုံမှန်ထက် ပိုသော ဆီအရည်ကို compressor crank case ၏ gauge glass တွင် ကြည့်၍ L/C အမြင့် အနိမ့်ကို စစ်ဆေးပါ။

အမှတ် ၁၃ (က)(၁) ဖြင့် ~~[illegible]~~ ပြုလုပ်သော် L/C ဆီ တင်လွန်းနေခြင်း သို့မဟုတ် အဆင့်နိမ့် ဖြစ်ရာ ပုံမှန် အတိုင်း L/C ဆီအရည်များ ဖြည့်ပါ။

(၂) evaporator အထွက်မှ အပူချိန် သည် compressor အဝင် အပူချိန် ထက် များသော compressor ဖြစ်ပေါ်ခြင်း။

(၃) compressor ၏ ဖိအား နည်းခြင်း refrigerant မီတာ အတွင်း ပါဝင်သော refrigerant ပမာဏ ပိုများ လွန်းသော refrigerant အရည်များ ထုတ်ပါ။ ဖြည့်ပါ။

ဖြေရှင်းခြင်း

[illegible] Refrigerant [illegible]

[illegible]

(၁) Refrigerant [illegible] TE [illegible] High Pressure cutout နှင့် Low Pressure cutout [illegible]

(၂) [illegible] compressor drain cock [illegible]

[illegible] compressor [illegible]

(၁) TEV [illegible] High Pressure cutout နှင့် Low Pressure cutout [illegible]

(၁၁) Condenser Fan [illegible]

[illegible]

[illegible]

(က) condenser fan ၏ bolt များ [illegible]

(ခ) Fan [illegible]

[illegible] fan [illegible] Fan bolt [illegible]

[illegible] Fan [illegible]

[illegible]

(၁၀) Expansion valve [illegible]

[illegible]

[illegible]

(က) condenser [illegible]

(ခ) Refrigerant [illegible]

(ဂ) [illegible]

[illegible]

condenser [illegible] condenser [illegible] Refrigerant [illegible]

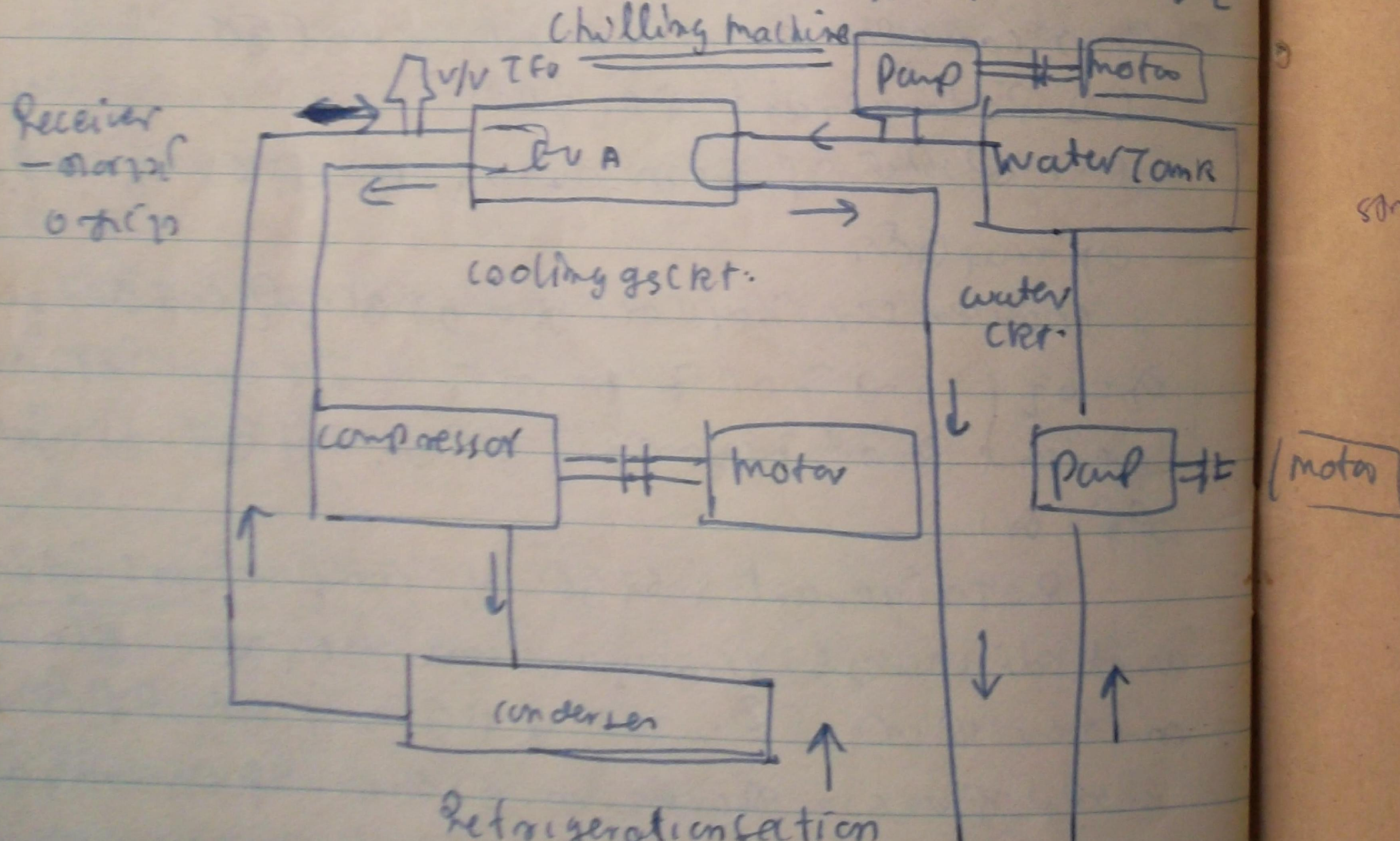
Refrigerant [illegible] compressor suction and discharge pressure [illegible] flow meter [illegible] Refrigerant Pressure [illegible] Temperature [illegible] Refrigerant [illegible]

Characteristic [illegible] High pressure line [illegible] choke [illegible]

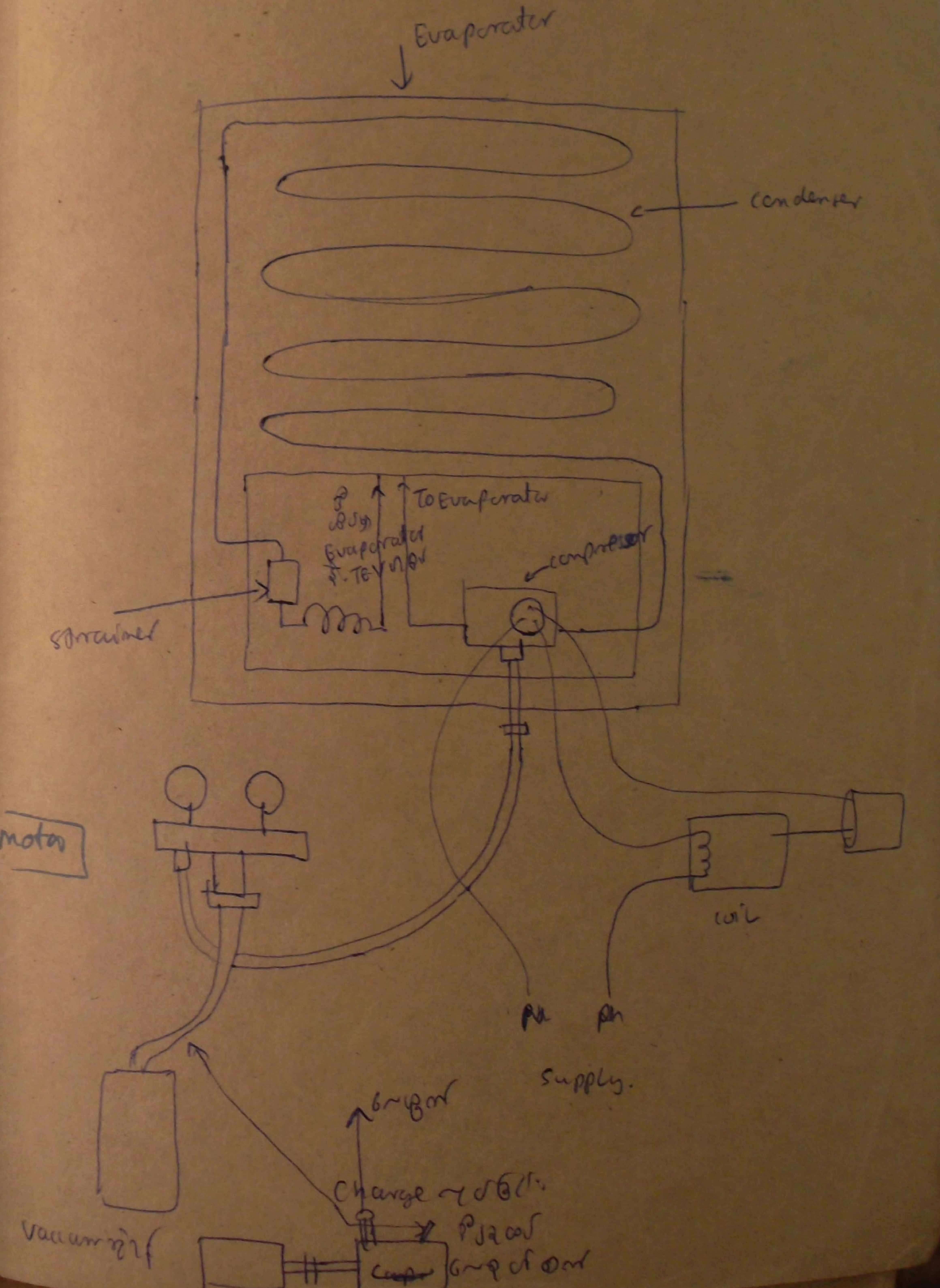
condenser [illegible] Heat transfer [illegible] condenser [illegible]

Refrigerant [illegible]

[illegible]



Small refrigerator → Receiver [illegible]
large " — " [illegible]



$$= \frac{2.746 \times (273 + 12)}{351 \times (22 - 12)} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0.223 \text{ m}^3/\text{s}$$

The leakage of air from the ductwork system is expected to be 5% of the s[upply air] flow rate, so the supply air fan is to deliver

$$Q = 1.05 \times 0.223 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0.235 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ to the nearest 5 litres/s}$$

The room air change rate is

$$N = Q \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ air change}}{V \text{ m}^3}$$

$$= 0.235 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ air change}}{75 \text{ m}^3}$$

$$= 11.2 \text{ air changes/h}$$

To find the supply air duct diameter:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \text{m}^2 \times v \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d^2 = \frac{4Q}{\pi v} \text{ m}^2$$

$$= \frac{4 \times 0.235}{\pi \times 5} \text{m}^2$$

$$= 0.06 \text{ m}^2$$

$$d = 0.245 \text{ m}$$

The standard air duct size that will maintain the air velocity below 5 m/s will be the next 50 mm diameter larger: that is, 250 mm diameter.

DATA REQUIREMENT

The user will enter new data for:

1. Your name in cell B4.
2. Job title in cell B5.
3. Job reference in cells B6 and C6.
4. Filename in cell B10.
5. Site location in cell C205.
6. Altitude, height above sea level in cell C206.
7. Type of locality in cell C207.
8. Name of room in cell C208.
9. Floor level in cell C209.
10. Activity of the occupants of the room in cell C210.
11. Design room air temperature to be maintained in cell C211.
12. Resultant temperature to be maintained in the room in cell C212.
13. Outdoor air temperature to be used for the design of the cooling load at the peak load time in cell C213. Local meteorological data is used for the

selection. It is usual to choose an outdoor air temperature that is likely to be exceeded on only three days in a year for comfort air conditioning. Where the room conditions must never be exceeded, the highest ambient temperature that is expected is entered.

14. The rate of infiltration of outside air into the air conditioned room in cell C214. The infiltration is a direct heat gain in the room. If the air conditioned room is slightly pressurized, air leakage will be outwards, and zero can be entered.
15. The supply of outside air into the room in litres per second per person in cell C215. This is normally 10 litres/s for most applications, 15 litres/s where smoking is permitted, and up to 25 litres/s for heavy smoking rooms. It may be possible to provide less than 10 litres/s if air cleaning is provided for the room, depending upon codes and regulations.
16. The rate of supply of outside air per square metre of floor area in cell C216. This is used when the number of occupants for the room is not entered.
17. The exposure of the room in cell C226.
18. The room occupancy in cell C228.
19. The sensible heat emission from each occupant in cell C229.
20. The latent heat emission from each occupant in cell C230.
21. The lighting heat emission into the cooled room in cell C231.
22. The power of all the electrical equipment that is in use during the cooling load time within the room in cell C232.
23. The operation hours for the air conditioning system per day in cell C233.
24. The date for calculation of the room cooling load in cell C235.
25. The length of floor area 1 in the room in cell C246.
26. The width of floor area 1 in cell C247.
27. The height of floor area 1 in cell C248.
28. The length, width and height of area 2 of the room in the cell range C251 to C253.
29. The thermal transmittance of the windows, door and roof lights in the cell range C266 to C268.
30. The orientation of external wall 1 in cell D286.
31. Thermal transmittance of the wall in cell D287.
32. Thermal admittance of the wall in cell D288.
33. Cooling load through the vertical glazing in cell C289.
34. Window solar gain transmission factor in cell D290.
35. Time of the cooling load in cell D291.
36. Thermal time lag for the external wall in cell D292.
37. Decrement factor for the wall in cell D294.
38. Mean 24 h sol-air temperature for the wall in cell D295.
39. Sol-air temperature at the time of heat gain for the external wall in cell C296.
40. Mean 24 h outside air temperature in cell D298.
41. Outside air temperature at the time of the room cooling load in cell D299.
42. Data for external walls 2, 3, 4 and the external roof in the cell range D306 to D379 as for wall 1.
43. Orientation of the internal wall in cell D386; enter internal.
44. Thermal transmittance of the internal wall in cell D387.
45. Thermal admittance of the internal wall in cell D388.
46. Surface factor of the internal wall in cell D389.
47. Time lag for the internal wall in cell D390.

4 Combustion of a fuel

INTRODUCTION

Analysis of the combustion of a fuel requires a knowledge of its chemical stituents and the excess air that is to be supplied. Sufficient informatio provided to allow the analysis of a wide variety of fuels without recou further references. The chemicals in fuels, and their symbols, are listed equations of combustion in air are given for each chemical element and pound. The lists are not intended to be exhaustive, but they do cover a very number of normal cases. The user may add further fuels once their che compositions are known.

The products of combustion are given for each fuel. The stoichiometric actual air supply is calculated. The flue gas analysis for the fuel is converted units of mass into percentages by volume to allow comparison with on measurements during commissioning and maintenance. The flue gas composi from site measurements can be entered. The program then calculates the amo of excess air that was supplied. The gross and net calorific values of the fuel assessed.

The quantity of data that is to be entered is small, and all calculations output data are generated automatically. The program acts as an on-screen tu package. The spreadsheet has a large amount of data and some basic expl tions.

LEARNING OBJECTIVES

Study and use of this program will enable the user to:

1. calculate flue gas composition;
2. calculate stoichiometric and actual air requirement;
3. calculate the excess air that was supplied;
4. calculate the volumetric constituents of flue gas;
5. identify the different types of fuel used;
6. know the chemical constituents of fuels;
7. know the chemical equations of combustion;
8. know the chemical names and symbols of fuels;
9. know the chemical symbols of fuel elements and compounds;
10. know the constituents of flue gas;

11. know the flue products from fuels;
12. calculate the gross and net calorific value of a fuel;
13. know the molecular mass of elements and compounds;
14. understand stoichiometric, actual and excess air;
15. use mass analysis of fuels.

Key terms and concepts

actual air supply	109	heat content	115
calorific value	115	hydrocarbon	105
chemical composition	106	mass analysis	106
chemical compounds	106	mass percentage	112
chemical elements	106	net calorific value	115
chemical symbols	106	nitrous oxide	110
combustion equation	108	products of combustion	107
condensation	116	relative atomic mass	106
constituents	107	relative molecular mass	106
dry flue gas	107	stoichiometric air	107
excess air	114	stoichiometric oxygen	107
fuel	105	volume percentage	112
gross calorific value	115		

COMBUSTION OF A FUEL

The equations describing the combustion of hydrocarbon fuels in air are listed here and in the spreadsheet. These are for liquid, solid and gaseous fuels. In the unlikely event that the particular fuel to be analysed is not listed, the combustion equation may be evaluated from basic principles. Further information on the chemical equations can be gained from the references.

It is important to note that the chemical symbols displayed on the spreadsheet are not in the correct form. It is not possible to show subscripts on the spreadsheet as it is on a printed document or on a word processor screen. For example, carbon dioxide is written as CO_2, but as the number two cannot be shown as a subscript, it is displayed as CO2 on the spreadsheet screen and printed output. A complete list of the correct symbols and their counterparts on the spreadsheet is shown in Table 4.1. Cells Q50 to T76 on the spreadsheet contain the same information as in Table 4.1.

DATA REQUIREMENT

The user will enter new data for:

1. Your own name in cells B6 and B150.
2. The name of the job or the college assignment in cells B7 and C7; further cells along the row can be used. Repeat this information in cells B151 and C157.

Table 4.1 Chemical symbols and relative molecular mass of common elements and compounds

Chemical	*Symbol*	*Spreadsheet*	*Relative molecular mass*
Acetylene	C_2H_2	C2H2	26
Benzene	C_6H_6	C6H6	78
Butane	C_4H_{10}	C4H10	58
Carbon	C	C	12
Carbon dioxide	CO_2	CO2	44
Carbon monoxide	CO	CO	28
Ethane	C_2H_6	C2H6	30
Ethyl alcohol	C_2H_6O	C2H6O	46
Ethylene	C_2H_4	C2H4	28
Hydrogen	H_2	H2	2
Hydrogen sulphide	H_2S	H2S	34
Methane	CH_4	CH4	16
Nitrogen	N_2	N2	28
Octane	C_8H_{18}	C8H18	114
Oxygen	O_2	O2	32
Pentane	C_5H_{12}	C5H12	72
Propane	C_3H_8	C3H8	44
Propylene	C_3H_6	C3H6	42
Sulphur	S	S	32
Sulphur dioxide	SO_2	SO2	64
Sulphur trioxide	SO_3	SO3	80
Toluene	C_7H_8	C7H8	92
Water, water vapour	H_2O	H2O	18

3. The current date in cells B8 and B152.
4. The file name in cells B10 and B154.
5. The fuel type in cells D29, E29 and F29. These need to be repeated into c C159, D159 and E159.
6. The excess air percentage to be supplied in cell C31.
7. Select the fuel type from cells Q3 to Q44. Read the percentage constituents of t fuel from columns S to AC. For light fuel oil, go to cell S12 for the percenta carbon. Either write this percentage onto paper and then type it into the constituent cell, D38, or COPY the contents of cell S12 into D38. Repeat t operation for the other percentage constituents of the fuel. Make sure that th is a zero in all the percentage constituent cells for chemicals that are not present the fuel. The total of the constituent cells D38 to D61 must be 100% in cell D
8. Move to cell A120. If a combustion test has been made on site for the fuel th has been entered, the actual amount of excess air that was supplied can calculated. Enter the percentages of carbon dioxide, % CO_2 from the measu ments into cell D130, carbon monoxide CO in D131, oxygen O_2 in D132 a sulphur dioxide SO_2 in D133. The remainder of the dry flue gas will be nitrog N_2, and this is typed into cell D134. The total of the flue gas constituents m be 100% in cell D135.
9. If the fuel is not listed, its chemical composition must be known. For examp if C_4H_8 is to be combusted, it can be entered into the spreadsheet as carb plus hydrogen; to do this, calculate the molecular mass from the symbols this case, 1 kg of C_4H_8 contains $100 \times (4 \times 12)/(4 \times 12 + 8 \times 1) = 85.7\%$ c bon plus 14.3% hydrogen.

Save this file on the hard disk in drive C and on your own floppy disk in drive A now. This terminates the data entry for the fuel type chosen. Space has been left for the user to enter more types of fuel to the list by typing them onto the lines where new oil, new solid and new gas fuel types are located. Additional space can be formed by moving blocks of cells downwards. Enter the name and chemical compositions of the new fuels into the correct columns. Ensure that they total 100%.

OUTPUT DATA

1. Stoichiometric oxygen O_2 for each constituent of the fuel is listed in cells F38 to F61.
2. Stoichiometric oxygen O_2 for the fuel is given in cell D64.
3. Stoichiometric air for the fuel is given in cell D65.
4. Actual air for the fuel is given in cell D66.
5. Flue gases produced are listed in the cell range A76 to A80.
6. The percentage of each constituent of the dry flue gas is given in the cell range J76 to J80.
7. The combustion equation for each constituent of the fuel commences in cell C94. This list extends to cell C117. The products of combustion are listed in cells H94 to L115. This information is provided for reference and learning, because all the equations have been programmed into the calculation cells.
8. Mass and percentage of excess air are given in cells D145 and D147.
9. The gross calorific value of the fuel is displayed in cell D67, and the net calorific value is in cell J67.
10. Input and output data are repeated in a range of cells from A150 to G223. This block of cells has been identified in the print menu so that an output report can be printed.

FORMULAE

Representative samples of the formulae are given here. Each formula can be read on the spreadsheet by moving the cursor to the cell. The equation is presented in the form in which it would normally be written and in the format that is used by the spreadsheet.

Cell E38

(F3) +$F$94

This states that the contents of cell E38 are to be replaced with those from cell F94, or E38 = F94. F94 is specified as an absolute cell reference by the use of $ symbols. The $ before the column reference fixes the column and that in front of the row fixes the row. The absolute cell reference $F$94 will not change if additional rows or columns are inserted. Lotus 1-2-3 uses the + symbol to denote a formula. +$F$94 in E38 means E38 = $F$94. The (F3) after the cell reference is the format of the number that is displayed. (F3) is for three fixed decimal places.

The other display formats can be seen on the screen. F94 contains the sto- metric oxygen required to completely burn 1 kg of the fuel. The fuel in this 1 kg of carbon. F94 contains 2.67. This is found from consideration of the analysis equation of the fuel:

$$C + O_2 = CO_2$$

The molecular masses are 12 for carbon and 32 for oxygen. The mass equation the complete combustion of carbon is

$$12 + 32 = 44$$

Divide through by 12 to find the oxygen required to burn 1 kg of fuel:

$$1 + \frac{32}{12} = \frac{44}{12}$$

$$1 + 2.67 = 3.67$$

The complete combustion equation becomes

1 kg carbon reacted with 2.67 kg oxygen during complete combustion to produce 3.67 kg carbon dioxide.

$1\,\text{kg C} + 2.67\,\text{kg } O_2 = 3.67\,\text{kg } CO_2$

The range of cells from E38 to E61 contains a similar formula, which reads stoichiometric oxygen for 1 kg of fuel from cells F94 to F115. The reader check the numbers stored in these cells from the combustion equations listed consult the references. Notice that oxygen in the fuel does not have to be supp by the combustion air, and is a negative quantity. Incombustible elements in fuel, such as ash, sediment and water, do not require oxygen.

Cell F38

+D38*E38/100

This calculates the stoichiometric oxygen that is needed for the amount of constituent in the fuel. If the fuel has 86.3% carbon, then it needs only 86.3% of oxygen requirement for 1 kg carbon:

$$\frac{\text{kg stoichiometric } O_2}{\text{kg fuel}} = \frac{\text{D38\% C}}{100} \times \frac{\text{E38 kg stoichiometric } O_2}{\text{kg C}}$$

$$= \frac{86.3}{100} \times \frac{2.67\,\text{kg stoichiometric } O_2}{\text{kg C}}$$

$$= 2.304\,\text{kg } O_2/\text{kg fuel}$$

The range of cells from F38 to F58 contains similar formulae for the o constituents of the fuel.

Cell G38

+D38*H94/100

The complete combustion of 1 kg carbon produces 3.67 kg of carbon dioxide. T products of combustion for each fuel are listed in the range of cells from H9

L115. The appropriate products are automatically calculated for each constituent of the fuel, and these appear in the range of cells from G38 to K58.

Cell F62

@SUM(F38..F59)

This is the total of the cells that contain the stoichiometric oxygen requirement for each constituent of the fuel.

Cell D64

+$F$62

The stoichiometric oxygen required for the fuel is copied into cell D64 for the output data.

Cell D65

100*D64/$B$14

This calculates the stoichiometric air for the fuel. The percentage of oxygen in air is in cell B14. This is normally 23.3% by mass:

$$\frac{\text{D65 stoich. air}}{\text{kg fuel}} = \frac{\text{D64 kg stoichiometric } O_2}{\text{kg fuel}} \times \frac{100}{\text{B14\% } O_2 \text{ air}}$$

$$= 3.260 \times \frac{100}{23.3}$$

$$= 13.992\,\text{kg stoichiometric air/kg fuel}$$

Cell D66

(100+$C$31)*$D$65/100

This finds the actual air supply from the stoichiometric air that has just been calculated and the percentage excess air that has been specified in cell C31. For 25% excess air, the air required is 1.25 times the stoichiometric air supply:

$$\frac{\text{D66 kg air}}{\text{kg fuel}} = \frac{\text{D65 kg stoichiometric air}}{\text{kg fuel}} \times \frac{(100 + \text{excess air\%})}{100}$$

$$= 13.992 \times \frac{(100 + 25)}{100}$$

$$= 17.490\,\text{kg air/kg fuel}$$

Cell K60

+$D$14*$D$65/100

The air supplied for combustion comprises 23.3% oxygen and 76.7% nitrogen. The oxygen is either consumed during combustion and appears combined with elements of the fuel such as carbon dioxide, or it is not needed and remains system. Analysis of the fuel revealed that it contained 89% carbon, 4% hydrogen, 2.5% oxygen, 1% nitrogen, 0.4% sulphur and 3.1% ash. Calculate the air-to-fuel ratio and the percentage volumetric composition of the dry flue gas.

17. The flue gas oxygen content from an oil-fired boiler is continuously measured and used to modulate a damper in the combustion air inlet duct to maximize efficiency. The fuel oil consists of 86% carbon, 13% hydrogen and 1% sulphur. Calculate the percentage excess air that was being supplied at a time when the dry flue gas contained 14.6% carbon dioxide, 1.1% oxygen, 1% carbon monoxide, 0.06% sulphur dioxide and 83.2% nitrogen from a volumetric analysis.
18. Gas that was produced from the heating of coal had a composition of 49.4% H_2, 18% CO, 20% CH_4, 2% C_4H_{10}, 0.4% O_2, 6.2% N_2 and 4% CO_2. The gas is burnt with 20% excess air. Calculate the stoichiometric and actual air-to-fuel ratios, the expected volumetric wet flue gas analysis, and the gross and net calorific values. Compare the calorific value with that for natural gas (meth... Comment upon the effects that the differ... made when gas-fired appliances were conv... from burning manufactured to natural gas.
19. A petrol engine that is to be adapted for rac... to be fed with ethyl alcohol (C_2H_6O) and ... excess air. Calculate the percentage mass a... sis of ethyl alcohol manually. Use the spre... sheet to calculate the stoichiometric and ac... air supply rates, the expected volumetric ... flue gas analysis, and the gross calorific val... the fuel.
20. Electricity and heat are generated from a die... engine that is supplied with benzene having co... stituents of 92.3% carbon and 7.7% hydrog... The volumetric dry flue gas contained 13.9% c... bon dioxide, 1.2% carbon monoxide and 4.... oxygen; the remainder was assumed to be ni... gen. Calculate the percentage excess air that w... supplied to the engine. Find the oxygen conte... of the dry flue gas if 100% excess air were to ... provided.

Now, that is a really useful spreadsheet!

5 Building heat loss

INTRODUCTION

The calculation of the capacity of the heating plant to offset the loss of heat from rooms and buildings is described. The Chartered Institution of Building Services Engineers steady-state method is followed. All the relevant dimensionless ratios and overall values are calculated for the user to validate against either tabulated data or expected answers. The worksheet accommodates ten rooms. The user can duplicate the file where the building has more rooms. The total heat loss from each of these extra files is typed into the accumulation area at the end of the worksheet. This provides for ten worksheets of ten rooms each, a total of 100 rooms. This should be sufficient for most applications.

The user enters data for the room dimensions, indoor comfort temperature, outdoor air temperature, thermal transmittances and outdoor air infiltration rate, directly from the plans and elevations, exactly as is done for manual calculations. A laptop or palmtop computer can be placed onto the architect's drawings while data is typed. There is no need for data preparation sheets as with some dedicated software. The U values may have been calculated from the UVAL spreadsheet or read from tables in the references. All the data is clearly visible, and any numbers can easily be changed. The effect of increasing some thermal insulation or changing from a convective to a radiative heating system can be investigated in seconds. All the formulae are open for the user to inspect. Each formula is fully explained in the text. The heat loss file is A:HLOSS.WK1.

A section is devoted to the calculation of the air temperature that is expected to be created within unheated rooms or spaces. This allows designers to assess the likely space temperature realistically in preference to making a guess. The unheated room temperature file is A:UNHEAT.WK1.

LEARNING OBJECTIVES

Study and use of this chapter will enable the user to:

1. be aware of the difference between steady-state and intermittent heat loss calculation methods;
2. understand the terms used in the calculation of heat loss and plant power;
3. calculate heater plant energy output for rooms and buildings;
4. know how the volumetric specific heat of air is used;

5. modify the thermal transmittance of a partition wall, floor or ceiling where it has an adjacent warm space;
6. calculate the dimensionless factors F_u, F_v, F_1 and F_2;
7. understand how the surface temperature of a structure can be calculated and measured;
8. calculate the area-weighted mean surface temperature of a room;
9. calculate the environmental, air and mean radiant temperatures that are produced in a room as a result of the selection of a resultant temperature for the comfort condition;
10. know how the different types of heating system are incorporated into the calculation of heat loss;
11. validate the calculated values for factors F_1 and F_2 with published data;
12. gain experience of typical values for the heat loss per unit floor area and room volume;
13. evaluate heat exchanges between spaces that are at different temperatures;
14. calculate the temperature of an unheated room or space.

Key terms and concepts

HEAT LOSS CALCULATION

Raising the indoor air temperature of a building above that of the outdoor air by means of a heating system causes a loss of heat from the enclosed space. Heat flows through the structure, and is removed as the result of natural and

mechanical ventilation with outdoor air. The heating system provides a heater output power of Q_p W to balance the rate of heat loss from the building. This is the plant heat output. It is usual to calculate thermal transmittance U, and heat loss for steady-state heat flow from the building. 'Steady state' means a rate of heat flow that does not vary with time, so that a heat loss rate of 3 kW requires a continuous heater output of 3 kW. When varying rates of heat loss are being considered, such as for the highly intermittent heating of a building used only one day per week, then admittance (Y values) are used. These generate the need for heater output powers of up to double the steady-state figure, because a large part of the heater output power is used to raise the temperature of the structure. Only the steady-state calculation is used here, as it will apply to most cases. Steady-state calculations assume that the building structure is warm, even though there are always cyclic variations in the temperature of the bricks and concrete. Such variations result from the daily cycle of use of the building from its heating, lighting and occupancy and that of the weather. Admittance values are used in the calculation of heat gains to buildings in Chapter 3 (p. 65). The heater power output that is required to offset the steady state heat loss from a room, is given by

$$Q_p = [F_1 \Sigma(AU) + 0.33 F_2 NV] \times (t_c - t_{ao})$$

where, Q_p = plant energy output (W); A = area of heat transfer surface, (m^2); U = thermal transmittance of the structure (W/m^2 K); N = number of air changes per hour from the infiltration of unheated outdoor air (h^{-1}); V = volume of the room (m^3); t_c = dry resultant temperature at the centre of the room (°C); t_{ao} = outdoor air temperature (°C); F_1 = environmental temperature ratio; and F_2 = indoor air temperature ratio. F_1 and F_2 are read from Tables A9.1–A9.7 in the *CIBSE Guide A* (CIBSE, 1986a), or calculated from the equations that are demonstrated later in this chapter.

The ventilation coefficient 0.33 is the volumetric specific heat capacity of air when expressed in W/m^3 K. It comes from

$$\text{coefficient} = 1012 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \times 1.1906 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times N \frac{\text{air change}}{\text{h}} \times \frac{1\ \text{h}}{3600\ \text{s}} \times \frac{1\ \text{W s}}{1\ \text{J}}$$

$$= \frac{1012 \times 1.1906}{3600} \frac{\text{W}}{\text{m}^3\ \text{K}}$$

$$= 0.33\ \text{W/m}^3\ \text{K}$$

The specific heat capacity of air, 1012 J/kg K, and density, 1.1906 kg/m^3, are standard values that remain essentially constant for this application. The ventilation coefficient is multiplied by the hourly rate of air infiltration N, the room volume V, the indoor air temperature ratio F_2 and the difference between the room resultant and outdoor air temperatures, to find the ventilation heater power Q_v. Q_v is included in the equation for Q_p, and it is not normally calculated alone.

When the cooler side of a structure is not at the outdoor air, t_{ao}, it is at a resultant temperature, t_{c2}. The thermal transmittance U of the wall, ceiling or floor is calculated in the normal manner. It is recommended that this U value is adjusted by a temperature ratio so that the summation of $A \times U$ is still multiplied by the whole temperature difference ($t_c - t_{ao}$). This simplifies the way in which intermediate temperature differentials are included. The U value of such a partition is modified thus:

$$U_2 = U_1 \frac{t_{c1} - t_{c2}}{t_{c1} - t_{ao}} \ \mathrm{W/m^2\,K}$$

where U_1 = the original value for the structure (W/m^2 K); U_2 = the modified value (W/m^2 K); t_{c1} = dry resultant temperature at the centre of the room (°C); and t_{c2} = dry resultant temperature in the other room (°C).

This modification applies just as well when the adjacent room, or space, is at a resultant temperature t_{c2} that is higher than that of the subject room. A heat gain to the subject room is calculated in this case. The heat lost from the warmer room into the cooler space will equal the heat gained by the cooler room.

> EXAMPLE 5.1
>
> Calculate the thermal transmittance U_1, the modified value U_2 and the heat flow Q_p through a partition wall of 8 m^2, which separates two rooms. The rooms are at resultant temperatures of 20 °C and 12 °C when the outdoor air temperature is −2 °C. The wall consists of 100 mm lightweight concrete blockwork and 13 mm plaster on both sides. The thermal conductivity of concrete blockwork is 0.2 W/m K and that of plaster is 0.5 W/m K. The surface film resistance is 0.12 m^2 K/W on each side. F_1 was found to be 0.98.

Thermal resistance of the wall = R m^2 K/W.

$$R = 0.12 + \frac{0.013}{0.5} + \frac{0.1}{0.2} + \frac{0.013}{0.5} + 0.12 \ \mathrm{m^2\,K/W}$$
$$= 0.792 \ \mathrm{m^2\,K/W}$$
$$U_1 = \frac{1}{R}\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2\,K}}$$
$$= \frac{1}{0.792}\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2\,K}}$$
$$= 1.263 \ \mathrm{W/m^2\,K}$$

The modified U value is

$$U_2 = U_1 \frac{t_{c1} - t_{c2}}{t_{c1} - t_{ao}} \ \mathrm{W/m^2\,K}$$
$$= 1.263 \times \frac{20 - 12}{20 - -2} \ W/m^2\,K$$
$$= 0.459 \ \mathrm{W/m^2\,K}$$
$$Q_p = [F_1 \Sigma(A \times U) + 0.33 NVF_2] \times (t_c - t_{ao}) \ W$$

In this case, the ventilation heat loss is not being found, so $(0.33 \times N \times V \times F_2)$ is ignored.

$$Q_p = [F_1 \Sigma(AU)] \times (t_c - t_{ao}) \mathrm{W}$$
$$= (0.98 \times 8 \ \mathrm{m^2} \times 0.459 \ W/m^2\,K) \times (20 - -2)\,°\mathrm{C}$$
$$= 79.2 \ \mathrm{W}$$

If the unmodified U value is used, then the actual temperature difference $(t_{c1} - t_{c2})$ is applied:

$$Q_p = [F_1 \Sigma(AU)] \times (t_{c1} - t_{c2}) \mathrm{W}$$
$$= (0.98 \times 8 \ \mathrm{m^2} \times 1.263 \ \mathrm{W/m^2}\,K) \times (20 - 12)\,°\mathrm{C}$$
$$= 79.2 \ \mathrm{W}$$

Notice that the first decimal place in the solution for Q_p remains the same for both calculations, but that subsequent numbers vary because of the choice of significant decimal places written. The nearest watt may be considered of sufficient accuracy, and this is found from rounding the first decimal place to 79 W.

The dimensionless factors F_1 and F_2 are calculated from data from the room, a U value factor F_u, a ventilation factor F_v, the infiltration ventilation rate, and the type of heating system. The type of heating system is characterized by the proportions of radiated and convected heat input. F_u and F_v are calculated from

$$F_u = \frac{18\Sigma(A)}{\Sigma(AU) + 18\Sigma(A)}$$
$$F_v = \frac{6\Sigma(A)}{1012 \times 1.1906Q + 6\Sigma(A)}$$

This allows F_1 to be found from

$$F_1 = \frac{E \times [F_v \times 1012 \times 1.1906Q + F_u \times \Sigma(AU)]}{\Sigma(AU) + 18\Sigma(A)(KF_v + EF_u)} + F_u$$

and F_2 to be found from

$$F_2 = \frac{K \times [F_v \times 1012 \times 1.1906Q + F_u \times \Sigma(AU)]}{1012 \times 1.1906Q + 6 \times \Sigma(A)(KF_v + EF_u)} + F_v$$

In order to read values for F_1 and F_2 from the reference, it is necessary to calculate the ratios

$$\frac{\Sigma(AU)}{\Sigma(A)} \quad \text{and} \quad \frac{NV}{3\Sigma(A)}$$

When F_1 and F_2 have been read from tables, or calculated, they are used to find the environmental and air temperatures that will be generated within the heated space. F_1 and F_2 are the temperature ratios:

$$F_1 = \frac{t_{ei} - t_{ao}}{t_c - t_{ao}}$$
$$F_2 = \frac{t_{ai} - t_{ao}}{t_c - t_{ao}}$$

These equations are used to find the environmental and air temperatures. Rearrange the ratio equation:

$$F_1 = \frac{t_{ei} - t_{ao}}{t_c - t_{ao}}$$
$$F_1 \times (t_c - t_{ao}) = t_{ei} - t_{ao}$$
$$t_{ei} = t_{ao} + F_1(t_c - t_{ao})\,°\mathrm{C}$$

and similarly:

$$F_2 = \frac{t_{ai} - t_{ao}}{t_c - t_{ao}}$$

$$F_2 \times (t_c - t_{ao}) = t_{ai} - t_{ao}$$
$$t_{ai} = t_{ao} + F_2(t_c - t_{ao})\,^\circ\mathrm{C}$$

When the resultant and air temperatures are known for a space, mean radiant temperature t_r can be found from

$$t_c = 0.5t_r + 0.5t_{ai}\,^\circ\mathrm{C}$$

Rearrange to

$$0.5t_r = t_c - 0.5t_{ai}$$
$$t_r = 2(t_c - 0.5t_{ai})$$
$$= 2t_c - t_{ai}\,^\circ\mathrm{C}$$

The terms and constants used are as follows: 18 and 6 are heat transfer coefficients in $W/m^2\,K$; 1012 is the specific heat capacity of air in J/kg K; 1.1906 is the density of air at 20 °C in kg/m^3; Q = infiltration rate of outdoor air (m^3/s); E = percentage radiant heat input 0–100% in 10% steps; and K = percentage convective heat input 0–100% in 10% steps. Table 5.1 gives the range of values for radiative and convective heat input proportions.

Table 5.1 Radiant and convective heat input proportions

Type of heating system	*Convection, K* (%)	*Radiation, E* (%)
Forced warm air or ducted	100	0
Natural convector or convector radiator	90	10
Multi-column radiator	80	20
Double and triple panel radiator	70	30
Single column, warmed floor, storage heater	50	50
Vertical and ceiling panels	33	67
High-temperature radiant system	10	90

(Source CIBSE 1986a)

The heat loss calculation is based on the maintenance of a desired dry resultant temperature at the centre of the room, t_c °C, for a determined outdoor air temperature, t_{ao} °C. When the values of F_1 and F_2 have been found by calculation or from tables, the mean surface, environmental, mean radiant and room air temperatures can be calculated. These are the temperatures that will be created within the room by the heating system under the stated operating conditions. It is important to realize that stable temperatures are unlikely to be found on a day of test with a thermocouple instrument. It is more likely that the external room surface temperatures are rising or falling in accordance with the weather variations and the time from the switching on of the heating plant. Figure 5.1 shows the data needed to find the internal surface temperature t_s of a structure.

The heat flow Q_p through the wall is

$$Q_p = F_1 UA(t_c - t_{ao})$$

The thermal resistance from node 1 to node 2 is R_{si}. The total thermal resistance for the wall is R, and

$$R = \frac{1}{U}$$

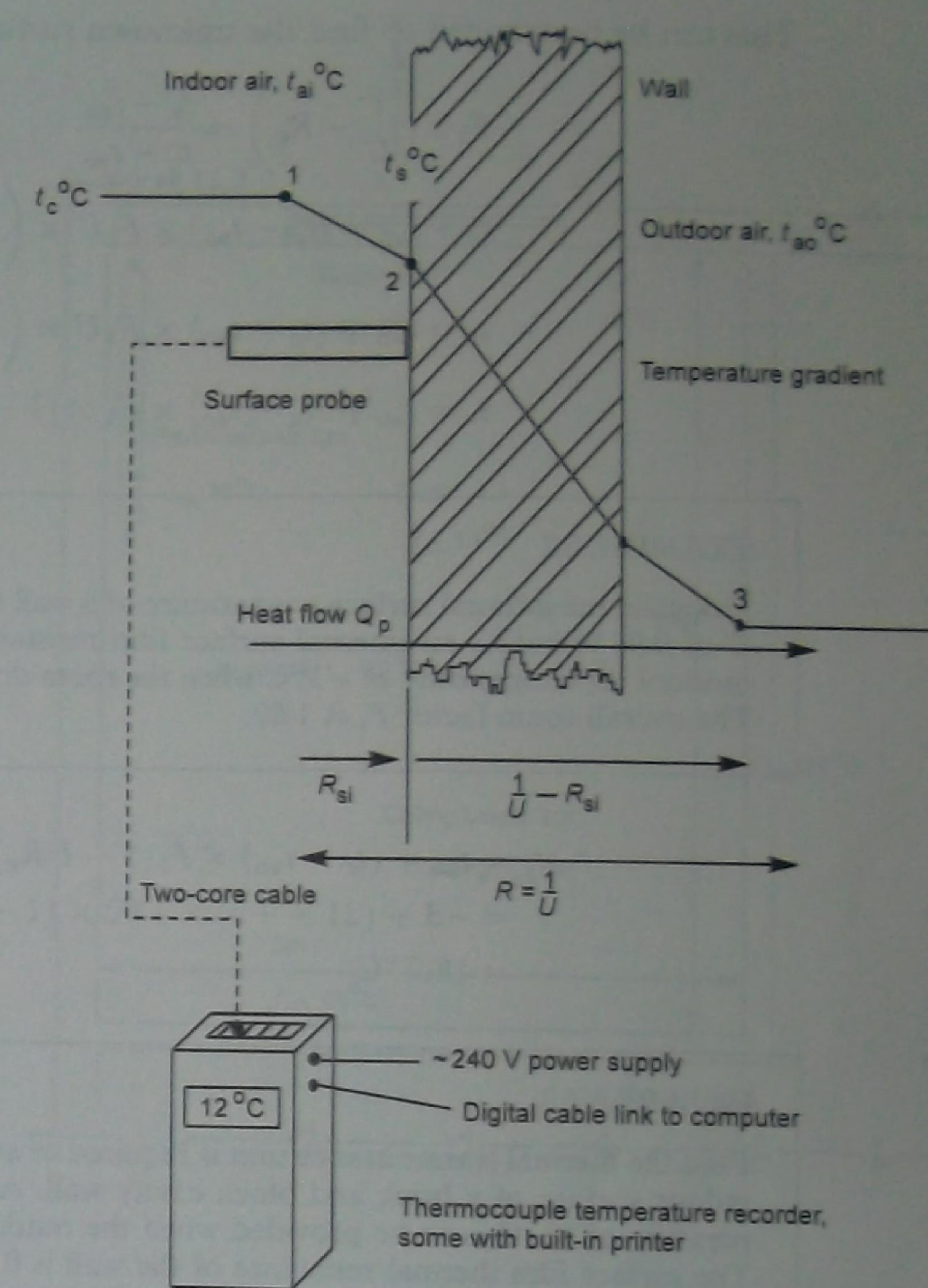


Fig. 5.1 Surface temperature of a wall.

The thermal resistance from node 2 to node 3 is $R - R_{si}$. The linear simultaneous equations that describe the heat flow through the wall are (Chadderton, 1995, ch. 10)

$$Q_p = F_1 UA(t_c - t_{ao})$$
$$= F_1 \times \frac{1}{R_{si}} \times A \times (t_c - t_s)$$
$$= \frac{1}{\frac{1}{U} - R_{si}} \times A \times (t_s - t_{ao})$$

F_1 does not apply to the third equation, because this is concerned only with heat flow through the structure and not what caused it in the room. Q_p is equal to both the first and third of these equations, so

$$F_1 UA(t_c - t_{ao}) = \frac{1}{\frac{1}{U} - R_{si}} \times A \times (t_s - t_{ao})$$